

Technická univerzita v Liberci

**FAKULTA PŘÍRODOVĚDNĚ-HUMANITNÍ A PEDAGOGICKÁ**

**Katedra:** Chemie

**Studijní program:** Chemie

**Studijní obor:** CH - MA

**CHEMICKÉ ÚPRAVY POVRCHU SKLA  
PRO BIŽUTERII  
CHEMICAL TREATMENTS OF GLASS  
SURFACE FOR JEWELLERY**

**Bakalářská práce:** 12-FP-KCH-0002

**Autor:**

Kateřina JIRÁKOVÁ

**Podpis:**

---

**Vedoucí práce:** Ing. Jan Grégr

**Konzultant:** Tomáš Vondráček

doc. Ing. Petr Exnar, CSc.

**Počet**

stran	grafů	obrázků	tabulek	pramenů	příloh
75	0	49	5	37	0

V Liberci, dne: 24.4.2012

Zadání - originál

# ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

**Název práce:** Chemické úpravy povrchu skla pro bižuterii

**Jméno a příjmení autora:** Kateřina Jiráková

**Osobní číslo:** P09001102

Byl/a jsem seznámen/a s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo.

Prohlašuji, že má bakalářská práce je ve smyslu autorského zákona výhradně mým autorským dílem.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval/a samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Prohlašuji, že jsem do informačního systému STAG vložil/a elektronickou verzi mé bakalářské práce, která je identická s tištěnou verzí předkládanou k obhajobě a uvedl/a jsem všechny systémem požadované informace pravdivě.

V Liberci dne:

---

Kateřina Jiráková

# PODĚKOVÁNÍ

Tato bakalářská práce vznikla za podpory a pomoci lidí, kterým bych tímto chtěla poděkovat.

Jmenovitě děkuji:

**Panu Ing. J. Grégrovi**, vedoucí BP, za spolehlivé vedení mé bakalářské práce a trpělivost při náročném experimentování.

**Paní Mgr. I. Šlamborové, Ph.D.**, a **slečně Mgr. V. Zajícové, Ph.D.**, za laskavost a zkoumání antibakteriálních perliček.

**Panu doc. Ing. P. Exnarovi, CSc.**, za poskytnutí předpisů pro přípravu roztoků a vysvětlení principů metody sol-gel.

**Panu Ing. P. Markovi** a **panu L. Šůrovi** za laskavost a kladné vyřízení žádosti vykonávání praxe ve firmě Preciosa Ornela a.s. v Zásadě.

**Nadaci Preciosa** za udělení stipendia.

**T. Vondráčkovi**, konzultant BP, za vyčerpávající informace a vysvětlování chemických principů probíhajících při výrobních postupech v bižuterním průmyslu.

**Firmě Drahomíra Krupková – Yani** za poskytnutí potřebných skleněných polotovarů a produktů, které jsem použila k vysvětlování zušlechťovacích postupů.

## **ANOTACE**

Bakalářská práce (dále jen BP) mapuje historii bižuterního průmyslu, skleněné polotovary a různá zušlechtění povrchu skla používaných v bižuterním průmyslu. BP popisuje vznik skleněných produktů až po jejich finální úpravy. Hlavním cílem této BP bylo dokázat, že se skleněné perličky dají zušlechtit v chemické laboratoři v alespoň podobné kvalitě jako v profesionální výrobě.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Povrchové úpravy skla, skleněné perličky, zušlechtování skla, bižuterní průmysl

## **ANNOTATION**

The Bachelor's thesis (BT) charts the history of jewellery industry, various semi-finished and glass surface finishes used in the jewellery industry. BP describes the emergence of glass products to their final configuration. The main objective of this BP was to prove that it can ennoble glass beads in a chemical laboratory in at least similar quality as in a professional production.

## **KEYWORDS**

Surface treatment of glass, glass beads, glass decoration, jewellery industry

## OBSAH

ÚVOD.....	10
1. HISTORIE BIŽUTERIE A BIŽUTERNÍHO PRŮMYSLU.....	12
1.1 Historie šperku .....	12
1.2 Historie jablonecké bižuterie.....	13
1.3 Historie firmy Preciosa a.s.....	16
1.4 Život se sklem – Miloslav Linka.....	18
2. SKLO A SKLENĚNÉ VÝROBKY.....	19
2.1 Co je sklo?.....	19
2.1.1 Složky skla.....	19
2.1.2 Proces tavení skla.....	20
2.1.3 Dělení skel.....	21
2.1.4 Barvení skel.....	22
2.2 Skleněné polotovary k výrobě bižuterie .....	23
2.2.1 Skleněné tyče.....	23
2.2.2 Skleněné perle a perličky.....	24
2.2.3 Skleněné kameny.....	31
3. ZUŠLECHŤOVÁNÍ POVRCHU SKLA.....	32
3.1 Mechanické zušlechťování.....	32
3.1.1 Omílání (rumplování).....	32
3.1.2 Broušení.....	33
3.2 Tepelné zušlechťování.....	33
3.2.1 Leštění ohněm.....	33
3.2.2 Opukávání.....	34
3.2.3 Zapalování.....	34
3.3 Chemické zušlechťování.....	34
3.3.1 Vodování.....	34
3.3.2 Chemické leštění.....	35
3.3.3 Leptání a matování.....	35
3.3.4 Stříbření.....	36
3.3.5 Listování.....	37

3.3.6 Lazurování.....	39
3.3.7 Metoda sol-gel.....	44
3.3.8 Irizování.....	46
4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	48
4.1 Stříbření.....	48
4.2 Listrování .....	51
4.3 Lazurování.....	52
4.4 Metoda sol – gel .....	58
4.5 Irizování.....	61
5. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ EXPERIMENTŮ.....	63
5.1 Stříbření.....	63
5.2 Listrování.....	64
5.3 Lazurování.....	65
5.4 Metoda sol-gel.....	66
5.5 Irizování.....	67
6. ZÁVĚR.....	69
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	70
SEZNAM ZDROJŮ OBRÁZKŮ.....	75

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Náhrdelník vyrobený ve firmě Drahomíra Krupková - Yani.....	11
Obr. 2: Kresba zásadské kaple a staré školy.....	15
Obr. 3: Figurky labutí, Preciosa Figurky.....	17
Obr. 4: Mačkárenské tyče, Preciosa Ornela.....	23
Obr. 5: Mačkané perle, Preciosa Ornela.....	25
Obr. 6: Voskované perle, Preciosa Ornela.....	26
Obr. 7: Ohňové perle, Preciosa Ornela.....	27
Obr. 8: Lampové perle, Preciosa Ornela.....	27
Obr. 9: Vánoční dekorace, Dona glass.....	28
Obr. 10: Rokajl, Preciosa Ornela.....	29
Obr. 11: Čípky, Preciosa Ornela.....	29
Obr. 12: Tvary sekaných perliček, Preciosa Ornela.....	30
Obr. 13: Farfalle, Preciosa Ornela.....	31
Obr. 14: Twin, Preciosa Ornela.....	31
Obr. 15: Tvary perliček, Preciosa Ornela.....	31
Obr. 16: Kameny, Preciosa.....	31
Obr. 17: Čípky se stříbrným průtahem, Preciosa Ornela.....	37
Obr. 18: Bílý listr na černých perličkách - hematit, Preciosa Ornela....	39
Obr. 19: Žlutá lazura, Egermann.....	41
Obr. 20: Červená lazura, Egermann.....	43
Obr. 21: Perličky Twin s povrchovou úpravou iriz, Preciosa Ornela.....	47
Obr. 22: Vzorek postříbřených perliček, koncentrace c1.....	50
Obr. 23: Vzorek postříbřených perliček, koncentrace c2.....	50
Obr. 24: Vzorek postříbřených perliček, koncentrace c3.....	50
Obr. 25: Bílý listr na černých perličkách - rokajlu.....	52
Obr. 26: Bílý listr na černých perličkách - farfallích.....	52
Obr. 27: Vzorek stříbrné lazury na laboratorním sklíčku.....	53
Obr. 28: Vzorek stříbrné lazury na laboratorním sklíčku.....	54
Obr. 29: Vzorek stříbrné lazury na perličkách.....	54
Obr. 30: Vzorek 1. pokusu měděné lazury po 1. výpalu.....	55



Obr. 31: Vzorek měděné lazury po 1. výpalu.....	57
Obr. 32: Vzorek měděné lazury po 2. výpalu.....	57
Obr. 33: Vzorek mix lazur na perličkách.....	58
Obr. 34: Vzorek mix lazur na laboratorním sklíčku.....	58
Obr. 35: Vzorek Ti51 na perličkách.....	59
Obr. 36: Vzorek Ti51 na laboratorním sklíčku.....	59
Obr. 37: Vzorek Ti53 na laboratorním sklíčku.....	60
Obr. 38: Vzorek Ti53 na perličkách.....	60
Obr. 39: Vzorek Ti54 na perličkách.....	60
Obr. 40: Vzorek Ti54 na laboratorním sklíčku.....	60
Obr. 41: Vzorek irizu na černých perličkách.....	62
Obr. 42: Vzorek postříbřených perliček, koncentrace c3.....	63
Obr. 43: Bílý listr na černých perličkách - rokajlu.....	64
Obr. 44: Bílý listr na černých perličkách - farfallích.....	64
Obr. 45: Vzorek mix lazur na perličkách.....	65
Obr. 46: Vzorek mix lazur na laboratorním sklíčku.....	65
Obr. 47: Vzorek Ti53 na perličkách.....	66
Obr. 48: Vzorek Ti54 na perličkách.....	66
Obr. 49: Vzorek irizu na černých perličkách.....	67

## **SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1: Množství chemikálií použitých na stříbrné lazury.....	54
Tabulka 2: Množství chemikálií použitých na měděné lazury.....	55
Tabulka 3: Množství chemikálií použitých na měděné lazury.....	56
Tabulka 4: Množství chemikálií použitých na mix lazur.....	57
Tabulka 5: Tabulka porovnání experimentů s profesionální výrobou . .	68

## ÚVOD

Úvodem bych ráda vysvětlila, z jakého důvodu jsem si vybrala téma mé bakalářské práce. Již odmalička se pohybuji v kruhu lidí, kteří se tímto oborem zabývají. Vyrůstala jsem v obci Zásada, která je proslulá tradicí skleněného průmyslu. V dětství jsem netušila, jaké bohatství, jedinečnost a kreativitu nabízí tento obor. Až díky pracovní příležitosti v jedné z místních firem jsem poznala, jakou zajímavou práci nabízí bižuterní průmysl. Prošla jsem si tříděním perliček, návrhy bižuterních kolekcí až po zušlechťování samotného skla.

Po nástupu na Technickou univerzitu v Liberci jsem mohla spojit příjemné s užitečným. Práci, která mě baví, se studiem chemie nejen pro obor učitelství. Chemické zušlechťování skla je neuvěřitelně zajímavým procesem, nikdy není přesně dáno, jaký výsledný dekor vznikne. U každého typu chemického zušlechtění velmi záleží na podmínkách, při kterých je zušlechťování prováděno. V chemické laboratoři se nedají zajistit naprosto stejné podmínky, jaké jsou v průmyslové výrobě.

V první kapitole se věnuji historii bižuterie a bižuterního průmyslu. Kapitola je členěna do čtyř částí. První část jsem věnovala vzniku skla a prvních skleněných šperků, druhou historii jablonecké bižuterie. Třetí podkapitolou stručně mapuji historii jedné z největších jabloneckých firem – Preciosa a.s., která se skládá z menších společností jako je Preciosa Figurky, s.r.o., Preciosa Lustry a.s. a Preciosa Ornela a.s. V poslední části jsem se krátce zmínila o knize vydané v roce 2009, která čerpá z pamětí nadaného obchodníka s bižuterií Miloslava Linky narozeného v Loužnici nedaleko Jablonce nad Nisou.

V druhé kapitole popisují sklo, jeho výrobu a skleněné výrobky. V podkapitole nazvané *Co je sklo?* jsem přiblížila, z čeho se sklo skládá a jak probíhá proces tavení skloviny. Z utavené skloviny se vyrábí

skleněné tyče různých typů a barev podle dále potřebného užití. Ze skleněných tyčí a tyčinek se vyrábějí všechny typy skleněných perli a perliček, které známe z obchodů.

V třetí kapitole se konečně dostávám k podstatě této bakalářské práce, a to k *Zušlechťování povrchu skla*. Zušlechťování se dělí na mechanické, tepelné a chemické. Hlavní část bakalářské práce věnuji chemickému zušlechťování skleněných perliček, kde jsem vysvětlila a popsala principy a chemické děje probíhající při zušlechťování.

V kapitole *Experimentální část* jsem aplikovala získané informace z teoretické části a praxe ve firmě Preciosa Ornela a.s. v Zásadě. Pro laboratorní zkoušky jsem si vybrala pět typů chemického zušlechťování a snažila se dosáhnout nejlepší kvality skleněných výrobků.



Obr. 1: Náhrdelník vyrobený ve firmě Drahomíra Krupková - Yani

# 1. HISTORIE BIŽUTERIE A BIŽUTERNÍHO PRŮMYSLU

## 1.1 Historie šperku

Náhrdelníky, náramky a různými šperky se lidé zdobí odjakživa. Za první šperky z doby kamenné můžeme pokládat náhrdelníky ze zvířecích kostí a zubů, přírodních materiálů jako je dřevo, lesní plody a kameny. Objevením zlata, stříbra a drahých kamenů se zdobení rozšířilo i o náramky, záušnice, prsteny a spony. Lidé se chtěli zdobit stále více, a tak vzrůstající poptávka po špercích donutila člověka napodobit drahé kameny, které se začaly imitovat kameny skleněnými.

Při keramické a metalurgické výrobě vznikala vedlejší produkt – sklo. Sklo bylo využíváno jako glazury – skleněné vrstvy pokrývající keramické nádoby. Za nejstarší skleněný předmět je považována nazelenalá perle objevena v Thébách, která pochází z doby 5000 let př.n.l. Prvními výrobky ze skla byly sklovité vrstvičky vyráběné v Mezopotámii. Tavení skla patřilo původně pod záštitu kněží, ale brzy se tajemství tavby skla rozšířilo do severní Afriky a Předního Východu. Již ve starověku obchodníci dováželi sklo a skleněné výrobky do Středomoří a Indie, 2000 let př.n.l. i do Evropy. V Mezopotámii a Egyptě vznikaly první celoskleněné ozdoby.

Velký rozvoj přišel s dobou bronzovou (2000 př.n.l.), kdy se rozšířila výroba nástrojů i škála šperků. Z této doby archeologové našli nezdobené korálky převážně modré a zelené barvy. V době železné se skleněné korálky dovážely z Afriky a Předního východu do Evropy, bylo na výběr z mnoha barev i tvarů. Korálky se používaly jako doplňky spínadel a jehlic na šaty. Objevily se i již hotové náhrdelníky – nejvíce se jich našlo v Čechách a Karpatské kotlině.

Ve 4. stol.n.l. byly Čechy ovládány Kelty, kteří uměli tavit sklo. Vytvářely se nové typy ozdob jako skleněný náramek, prstencové korále, závěsky a knoflíky. Archeologové na českém území, převážně na území

Velkomoravské říše, objevili skleněné perličky, knoflíky a přívěsky z bezbarvého i barevného skla. Keltové používali sklovinu zabarvenou oxidy kovů, většinou do modra (oxidy mědi a kobaltu), do fialova (oxidy manganu) a žluta (oxidy olova a cínu).

Po příchodu Slovanů sklářství v Čechách upadalo a opět vzrostl import z Egypta a Římské říše. Vzrostl také počet nových druhů skleněných korálek – sekané z trubiček, lité do forem, broušené či zatahování zlaté fólie do skla.

Díky rozsáhlému vývozu z Římské říše se sklo a skleněné ozdoby dostávaly do různých koutů světa. Po pádu říše se v těchto zemích začala rozvíjet i výroba skleněných ozdob - severní Afrika, Přední východ, Španělsko, jižní Francie a italské Benátky. Benátské sklo je známé především jako luxusní imitace drahých kamenů, polodrahokamů a pravých perlí, které se vyvážely do celé Evropy, od 14. stol. i do Čech. Tajné benátské receptury na tavbu skloviny pro imitace smaragdu, topasu, safíru, rubínu a diamantu se dostaly až do Turnova. V Čechách se tedy začalo experimentovat s výrobou benátských perlí až v 17. stol, kdy huťmistr Michael Müller vynalezl české křišťálové sklo. Johann Kaspar Kittel z Polevska napodoboval benátské perly všech barev a druhů a prodával je po Čechách, Sasku i celém světě. Nejlepším imitátorem pravých perlí v té době byla Francie – od 17. stol se rozvíjely foukané skleněné imitace pravých perel [1, 2, 3, 4].

## **1.2 Historie jablonecké bižuterie**

První sklárna založená v severních Čechách na Českolipsku pochází již z 15. století. Sklářství se na severu Čech od této doby rozvíjelo, ale pevný základ sklářství v Jizerských horách můžeme považovat až od poloviny 16. století.

Hlavní impuls k rozvoji bižuterní výroby pochází z počátku 18. století, kdy se v Turnově začala tavit sklovina pro výrobu imitací drahých kamenů a polodrahokamů. Po nespočetně mnoho nevydařených pokusů a výzvědných pobytů v Benátkách se poprvé roku 1711 podařila vyrobit sklovina k imitaci diamantu. O čtyři roky později bylo v Turnově ustaveno bratrstvo brusičů kamenů, které zahrnovalo přes 100 řemeslníků (paliči, brusiči, řezači a kamenáči). V druhé polovině 18. století se umění brusičů skla rozšířilo i do dalších měst v okolí Turnova, nejvíce do Jizerských hor. Turnov byl znám spíše jako laboratoř pro výzkum stále kvalitnějších imitací – objevili imitace diamantu, topazu, akvamarínu, safiru, tyrkysu a dalších. Imitace drahých kamenů se začaly vyrábět pomocí mačkářských kleští, což vedlo ke kvalitnější, rychlejší a snadnější výrobě, a tím i ke snížení cen a zvýšení obchodních úspěchů. Od roku 1760, kdy byla v Paříži objevena sklovina s vysokým obsahem olova, což mělo za důsledek vysoký index lomu a třpytivost, začala tzv. móda štrasu. Turnovské sklárství v této době upadalo, štras byl kvalitnější a žádanější než turnovské bižuterní kameny. Brzy se však do Turnova dostala receptura na výrobu štrasu a český obchod opět vzkvétal.

Umění brusičů skla se v poslední třetině 18. století dostalo i na Jablonecko, Kokonín a Vrkoslavice. Dále se rozšířilo do Rychnova a Rádlu, centrem obchodu stále zůstával Jablonec nad Nisou.

Od druhé poloviny 17. století se centrem obchodu se šperky stává také Zásada – malá vesnička ležící na jižní straně Černostudničního hřebene. Poté, co ve vedlejší vesnici Hutí zanikla sklárna, obchodníci ze Zásady odebírali sklo a bižuterii z jiných jizerských hutí. Bylo tradicí, že přes zimu se zboží nakoupilo a zušlechtilo a v létě se prodávalo na zahraničních tržistištích. Nejzámožnější rodinou tenkrát byla rodina Šourků. Hlavou rodiny byl rychtář Jan Šourek, který obchodoval

se sklem a skleněnou bižuterií v mnoha zemích. Vlastnil také hospodu U Janů a v roce 1749 v Zásadě nechal postavit za své vlastní náklady kapli, která tu stojí dodnes (Obr. 2).



*Obr. 2: Kresba zásadské kaple a staré školy*

V 19. století se největším sklářem a výrobcem skleněných bižuterních polotovarů, skleněných tyčí a tyčinek, stal Josef Riedel, který v roce 1849 založil sklárnu v Dolním Polubném, též nazývaný „sklářský král“. Josef Riedel navázal na tradici své rodiny, která trvala v kraji téměř dvě stě let. Před první světovou válkou firma začala stavět přípojku k železniční trati, aby byl zajištěn stálý přívod uhlí do sklářské huti v Polubném.

Velký objev pro sklářský průmysl nastal v roce 1818, kdy Friedrich Egermann z Nového Boru objevil žlutou lazuru a o čtrnáct let později i lazuru červenou. Skleněné produkty zušlechtěné lazurou se staly značným obchodním úspěchem.

V druhé polovině 19. století jablonecká bižuterie zachvátila světový trh. Od šedesátých let se na trh dostalo nové drobné zboží, tzv. krystalerie. Trh se rozšířil i o skleněné reklamní předměty jako jsou těžítka, kalamáře (nádoby na inkoust), menážky (zásobníky na koření), aj.

Období 20. století bylo pro jabloneckou bižuterii obdobím vzletů i krachů. Během obou světových válek bižuterní průmysl poklesl hluboko k bodu mrazu, protože bižuterie v té době nebyla potřebným zbožím pro život. Někteří obchodníci a výrobci se po skončení válek již nevzpamatovali. Ti, kteří finančně přežili, krátce po válkách dostávali mnoho objednávek. Bohužel, tento stav netrval dlouho. Po druhé světové válce v roce 1948 došlo k znárodnění soukromých podniků a ztrátě trhů nejen v USA a Francii. Obnovení exportů bižuterie na západ probíhalo až od 60. let 20. století. Od roku 1953 ovládla export a trh s bižuterií jediná firma – Jablonex. Firmy vyrábějící skleněné zboží byly koncentrovány do národních podniků Bižuterie, Jablonecké sklárny, Preciosa a Železnobrodské sklo. Všechny tyto podniky byly v roce 1978 zastřešeny koncernem Jablonecká bižuterie až do roku 1990. Od této doby probíhalo odstátňování všech podniků. Po roce 1990 v kraji dominovaly dvě firmy – Jablonex Group a.s. a Preciosa a.s. V dnešní době českému bižuternímu trhu kraluje firma Preciosa a.s. [1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

### **1.3 Historie firmy Preciosa a.s.**

V roce 1948 vznikl nový národní podnik s názvem Preciosa, ke kterému přibýlo několik dalších znárodněných podniků. Název Preciosa vznikl z latinského slova *preciosus*, které v překladu znamená *vzácný, vznešený*. V roce 1953 pak firma Preciosa spadá pod národní podnik Jablonecká bižuterie. O pět let později Jablonecká bižuterie zanikla a obnovil se původní národní podnik, který byl nazván



Brusírný kamenů. Název Preciosa se vrátil až v roce 1966. V roce 1978 se národní podnik Preciosa stal koncernem a o deset později státním podnikem. Od roku 1991 se Preciosa stala akciovou společností.

Firma Preciosa a.s. se převážně zabývala a dodnes zabývá výrobou strojně a ručně broušených bižuterních kamenů a perlí. Od 60. let se firma rozšířila o výrobu křišťálových lustrů a lustrových ověsků – Preciosa Lustry, která sídlí v Kamenickém Šenově. České lustry dobývaly svět již mnohem dříve, například v roce 1743 byl vytvořen křišťálový lustr na počest korunovace Marie Terezie.

Mezi další výrobní obory Preciosy a.s. patří Preciosa Figurky a Preciosa Ornela. Preciosa Figurky, s.r.o byla založena jako třetí společnost skupiny Preciosa a.s. v roce 1994. V roce 2009 vznikla další společnost skupiny Preciosa – Preciosa Ornela a.s., která plynule navázala na dlouholetou tradici sklářského a bižuterního průmyslu na Jablonecku. Preciosa Ornela a.s. získala a převzala většinu marketingových aktivit bývalých firem s názvy Divize Perle a Sklo Jablonex Group.



*Obr. 3: Figurky labutí, Preciosa Figurky*

Od roku 1993 funguje sdružení Nadace Preciosa, která pomáhá neziskovému sektoru. Nadace Preciosa podporuje vědu a výzkum [1, 10, 11].

## 1.4 Život se sklem – Miloslav Linka

V roce 1896 se v Loužnici, nedaleko Zásady, narodil Miloslav Linka. Ve svých pamětech *Život se sklem – Ze vzpomínek sklářského podnikatele z Loužnice* popisuje svůj život od útlého dětství. Pan Linka vypráví o založení rodinné firmy LINSON (Linka a synové). Popisuje útrapy a vzlety podnikatelské činnosti během obou světových válek. V té době nebylo lehké podnikat, a tak se z paměti dozvídáme spoustu zajímavostí o cestách mladého podnikatele Miloslava Linky do zahraničí.

Dětství Miloslava Linky nebylo nikterak růžové, jeho rodina se snažila podnikat, ale spíše se topila v dluzích. Mladý Linka po studiích v roce 1912 nastupuje do firmy svého otce, kde musí projít veškerými pracovními postupy výroby a zušlechťování perliček. První čtyři měsíce se věnoval leštění perliček ohněm, dále listrování, irizování, barvení, stříbření a naposledy sekání perlí a tyčinek.

*„Tehdy jsme s lystrováním i irisováním prováděli průkopnickou, a zároveň opravdu nesnadnou práci. Ale vytrvali jsme. Irisování vyžadovalo sebezapření pracovníků, protože výpary cínové soli se rozprostíraly i mimo irizující aparát, a tak se obsluha zalykala a v létě trpěla také teplem.“* (citováno z [12], str. 18).

Když přišla první světová válka, mladý Linka musel narukovat do Jičína. Popisuje, jakými útrapami si ve válce prošel, například pobyt ve vězení v Terezíně pro podezření z podvodu s nemocnými očima. Po první světové válce se Miloslav Linka vrátil do své rodné Loužnice, kde rodinný podnik jen vzkvétal. Pro nedostatek místa, firemní prostory rozšířili o další budovy. Během praxe ve firmě svého otce roku 1919 M. Linka odjel na roční stáž do Paříže, kde se naučil obchodovat a získávat zákazníky. V dalších kapitolách popisuje šesti měsíční firemní cestu (1947), během které procestoval 13 zemí celého světa a vyřídil objednávky za 111 miliónů Kč [12].

## 2. SKLO A SKLENĚNÉ VÝROBKY

### 2.1 Co je sklo?

Odborná sklářská literatura definuje sklo takto:

*„Skla jsou látky v amorfním stavu, které jeví při přechodu z pevné konzistence ve viskozitně plastickou konzistenci a opačně transformační přeměny.“* (citováno z [13]).

#### 2.1.1 Složky skla

Skla, charakteristická v bižuterním průmyslu, se skládají z několika primárních složek tvořící základní vlastnosti skla.

Nejdůležitější složkou je sklotvorná součást skla. Pro bižuterní průmysl je to oxid křemičitý pocházející z křemičitého písku. Avšak sklářský písek je tavitelný až při velmi vysokých teplotách (1700°C), proto se do sklářského kmene přidávají aditiva, která snižují bod tavení. Další složkou jsou tedy tavidla, mezi která se řadí oxidy nebo uhličitany alkálií. Tavidla ale zhoršují chemické, mechanické a tepelné vlastnosti skla a musí se k němu přidávat další složky, stabilizátory skel. Pro zlepšení chemických vlastností skla se přidává oxid vápenatý. Toto nejzákladnější sklo, tvořené oxidem křemičitým, uhličitánem sodným (sodou) a oxidem vápenatým (vápencem), je nejlevnějším druhem skla, který lze již využít pro zpracování užitkových a bižuterních produktů.

Primární složky lze v různých poměrech obměňovat, čímž vznikají další druhy skel – borosilikátová, draselná nebo sodno-draselná, hořečnatá, zinečnatá, barnatá, olovnatá, aj. Nejpoužívanějším typem skla stále zůstává sodno-draselné, které vzniká náhradou části uhličitanu sodného za uhličitán draselný (potaš). Náhradou složek nebo jejich částí se zlepšují různé vlastnosti skla. Například přidáním oxidu olovnatého se zdokonalují optické vlastnosti, čehož se využilo převážně

při výrobě imitací drahých kamenů a polodrahokamů. Tímto kombinováním různých složek a jejich poměrů lze libovolně vyrábět skla s požadovanými vlastnostmi. Dalšími přísadami ve sklech jsou čeridla, která se využívají k odplynění skloviny. Čerění skloviny je velmi důležité, protože podíl bublinek plynu ve sklovině patří k základnímu hodnocení kvality skla. Mezi čeriva řadíme oxid antimonitý, arsenitý s dusičnanem sodným nebo draselným.

Pokud se vyrábí skla polosytých až sytých barev (opakních), jsou nutné kalící složky, tzv. kaliva – kryolit, kazivec, fosforečnan vápenatý nebo sodný. Pomocí kaliv vznikají skla opálová, alabastrová a sytá.

Poslední, avšak velmi důležitou, složkou sklářského kmene jsou střepy – již utavené rozbité sklo. Střepy napomáhají a urychlují tavení a vyčištění skla [13, 14].

### **2.1.2 Proces tavení skla**

Tavení skla se skládá z několika fází. První fází je příprava pece k tavení. Nejprve se pec musí zahřát na teplotu potřebnou k tavbě skla, která se pohybuje kolem 1350°C. Vyhřátí pece je důležité z důvodu urychlení tavby.

Když je pec řádně vyhřátá, nastává fáze druhá – nakládání vsázky, která se skládá ze směsi sklářského kmene a střepů. Vsázka se do pánví nakládá různými způsoby, ve většině případů se nejprve naloží střepy a poté sklářský kmen. Pánev musí být naplněna souběžně s okrajem, spíše mírně pod okraj, aby tavená sklovina nepřetékala z pánve do pece. Tavené skloviny vzniká méně než je původní vsázka. Na řadu přichází vlastní tavení skla a jeho homogenizace. Během tavení sklářského kmene dochází k endotermickým reakcím a vznikají nové sloučeniny. V tekutém stavu skloviny sloučeniny bouřlivě reagují, rozpouští se oxid křemičitý a přechází do taveniny. Při tavení

se uvolňuje značné množství bublinek plynů. Po roztavení veškerého křemičitého písku, teplota v peci stoupá z důvodu prudkého zvětšení objemu plynů.

Pro kvalitu skla je důležité, aby se všechny bublinky plynů odstranily a nezhoršovaly výsledný vzhled skleněného produktu. Tato fáze se nazývá čerení neboli odplynění, kdy se do skloviny přidávají čeriva. Ta se za vysokých teplot rozkládají a vytváří bublinky nové. Ty stoupají směrem vzhůru a unášejí s sebou ostatní bublinky plynů, které by jinak zhoršovaly kvalitu skloviny. Při vystoupení až na povrch tavené skloviny bublinky plynů praskají. Při této fázi probíhá i tzv. foukání, které má za úkol promíchání a čerení celé tavené skloviny. Po odstranění veškerých bublinek plynů a promíchání skloviny nastává fáze postupného chladnutí skloviny na pracovní teplotu. Z takto utavené skloviny se vyrábí skleněné tyče na další použití [13, 14].

### **2.1.3 Dělení skel**

Skla můžeme rozdělit podle vnějšího vzhledu na skla čirá bezbarvá, transparentní a zakalená (opakní).

#### **a) Čirá bezbarvá skla**

Tento typ skel je znám spíše pod pojmem křišťál nebo krystal. Dále je dělíme podle přítomnosti složek, na skla olovnatá a bezolvnatá. Z olovnatých skel se vyrábí skleněné kameny (šatony), protože oxid olovnatý způsobuje vysoký lesk skleněných výrobků. V dnešní době se z ekologického důvodu nahrazuje oxid olovnatý oxidem barnatým a tato skla se nazývají tzv. krystalíny.

## **b) Transparentní skla**

Transparentní skla jsou skla barevná, čirá. V této kategorii skel můžeme najít rozmanité barvy, odstíny a sytosti. Transparentní skla se používají převážně pro imitaci přírodních polodrahokamů a drahokamů, proto i některé jejich názvy jsou převzaty z mineralogických termínů (granát, ametyst, topas, aj.).

## **c) Zakalená (opakní) skla**

Zakalení skel je způsobeno různými velikostmi částic, které jsou rozptýleny ve sklovině. Těmto částicím říkáme zákaly a dělí se podle skupenství – plynné, krystalické a kapénkové zákaly. Mezi zakalená skla, též sytá, patří opálová, alabastrová, atlasová, perleťová a hedvábná.

Například u alabastrových skel tvoří heterogenní částice fluoridy sodno-hořečnaté nebo u hedvábných skel fosforečnan vápenatý. Zákaly závisí na řadě faktorů, které ovlivňují výsledné zbarvení. Závisí tedy na základním složení skloviny, koncentraci kalicích složek a způsobu tavení a zpracování skloviny [2, 13].

### **2.1.4 Barvení skel**

Modrou barvu skla lze získat přidavkem oxidu kobalnatého nebo měďnatého. Tato forma zbarvení je z chemického hlediska iontová. Kombinací obou oxidů v poměru 1 : 50 se dosahuje modrozelených barev, tzv. akvamarínů nebo v poměru 1 : 40 nebeské modří.

Zelená lahvová barva se získává přidáním oxidu chromitého s oxidem železitým ke sklovině. Samotný oxid železitý barví sklo do špinavého zeleného odstínu.

Fialové zbarvení dosáhneme přidavkem oxidu manganitého. Přídavek  $\text{Cr}^{6+}$  značně zesiluje fialový odstín [2, 13].

## 2.2 Skleněné polotovary k výrobě bižuterie

Mezi základní skleněné polotovary pro výrobu bižuterie řadíme mačkárenské tyče, lampové tyčinky a perlové trubice. Z těchto polotovarů se dále vyrábějí skleněné perle a perličky.

### 2.2.1 Skleněné tyče

Prvním typem skleněných tyčí jsou *mačkárenské tyče* (Obr. 4). Tyto tyče se dříve vyráběly ručním vytahováním ze sklářských pánví a poté se sekaly na kratší kusy. Teplota utavené skloviny při zpracovávání na tyče se pohybuje kolem 1200 °C, liší se dle typu skla. Při ručním tažení se používalo pánvových pecí a proceduru prováděl sklář, pomocník a tzv. tahač. Na nabírací železo, železná tyč dlouhá 1,5 m s dřevěnou násadou, pomocník nabíral sklovinu, kterou postupně tvaroval. Sklovina se ochlazovala a opět nabírala, až se vytvořilo potřebné množství hmoty, tzv. cuk. Cuk se roztahoval a natahoval podle dalšího využití. Z jednoho tažení se vyrobilo 5 až 8 skleněných tyčí. Pokud se vyráběly kombinované barvy tyčí, různé typy sklovin se nabíraly v předem určeném pořadí.



Obr. 4: Mačkárenské tyče, Preciosa Ornela

Od roku 1958 je patentováno strojní tažení tyčí, kde pánev má na dně otvor s tvarovým výtokem, přes který se sklovina vypouští do tažného pásu a poté se ochlazuje. Mačkárenské tyče se používají k výrobě perlí plných, knoflíků a bižuterních kamenů. Dříve se vyrábělo asi 650 barevných odstínů skloviny, dnes méně.

*Lampové tyčinky* se vyrábí ručně i strojně a slouží k výrobě ručně vinutých perlí, speciálních bižuterních kamenů a skleněných figurek. Je důležité, aby lampové sklo vydrželo dlouho tvarovatelné a měkké, proto se do skloviny přidává více tavidel než do sklovin jiných.

*Perlové sklo* je vyráběno přenášením utavené skloviny z pánví do lisovacího stroje. Z rokajlových trubiček vznikají perličky (rokajl) s kulatou nebo čtvercovou dírkou podle tvaru lisovacího trnu. Foukáním perlového skla vznikají perle duté [1, 2, 13, 14, 15].

### **2.2.2 Skleněné perle a perličky**

Z tyčí a tyčinek se dále vyrábějí skleněné perle a perličky, které se dělí na mačkané, voskované, broušené – cínovky a ohňovky, lampové, foukané a sekané perle.

#### **a) Mačkané perle**

Mačkané perle, též nazývané mačkanice, byly tvarovány pomocí dřevěných a později kovových kleští. Mačkání perlí se v Čechách provozuje od 18. století, kdy čeští obchodníci dovezli předpis s výrobním tajemstvím mačkání z Benátek. Dnes existují již plně automatizované mačkácké stroje s elektrickým motorem. Každý tvar a velikost se mačká v jiné formě, tzv. tvárnici. V průběhu procesu mačkání se vytváří i díрка pomocí sklářské jehly. Výlisek, meziproduct mačkání, se dále opracovává šitlováním (brokováním) v dřevěných sudech s vodou, aby se vzájemně odstranily ostré přelisky perlí. Po odstranění přebytečného skla se samotné výlisky oddělují od zbylého skla na sítěch o různých velikostech. Takto vzniklé mačkanice jsou poškrábané a bez lesku,



proto se omílají v sudech s vodou a pískem i několik hodin až dnů. Poté se perle properou v sudu pouze s vodou, aby se odstranily zbytky písku. Pokud se mačkané perle již dále nebudou zušlechťovat, je to konečná fáze jejich výroby, v ostatních případech se musí vyleštit ohněm.



*Obr. 5: Mačkané perle, Preciosa Ornela*

Mačkanice dělíme na standardní a fantazijní tvary (Obr. 5). Mezi standardní mačkané perle patří kuličky, kostičky, olivy, soudky, hrušky, aj. Fantazijní mačkané tvary se řídí módními trendy, a proto stále vznikají nové a nové typy mačkaných perel s různými dekory [1, 2, 13, 14].

### **b) Voskované perle**

Název „voskované“ perle pochází původem z Francie z roku přibližně 1850. V dřívějších dobách se pravé perle imitovaly tím způsobem, že se do dutých perlí nalévalo rybí stříbro a později i vosk, aby perle byly těžší a odolnější.

Dnešní voskované perle jsou vlastně perle mačkané převážně z alabastrového skla, ale s povrchovou úpravou imitující perle pravé (Obr. 6). Perle se navléknou na dvojitý provázek a nechají smáčet v roztocích pigmentů. Během namáčení se perle musí od sebe oddělovat, aby se neslepovaly. Dále se provázek s perlemi namáčí

v horkém roztoku želatiny, který slouží k zafixování. Proces namáčení se opakuje několikrát po sobě. Poslední úpravou je nalakování ochranným průhledným lakem a usušení perliček [1, 2, 13, 14, 15].



*Obr. 6: Voskované perle, Preciosa Ornela*

### **c) Broušené perle**

Broušené perle se dělí na mechanicky leštěné, tzv. cínovky a leštěné ohněm, tzv. ohňovky (Obr. 7).

Název cínové perle pochází z dob dřívějších, kdy se perle leštily na cínových kotoučích. Jejich výhodou, oproti ohňovkám, je obroušení po celém povrchu perle až k dírci. Cínovky se dále dělí podle tvaru na sluníčka, rondelky, zkosené perle, fantazijní tvary nebo slzy. Cínové perle se převážně používají na výrobu luxusní bižuterie. Mezi ohňovky patří broušené kuličky, olivy, hrušky nebo sluníčka. Broušené perle se nabírají na tzv. hřebeny a poté se nechávají obrušovat brusným válcem ze všech stran. Výsledný tvar vzniká rozdílnou dobou obrušování a druhem brusných kotoučů [1, 13, 14, 15].



*Obr. 7: Ohňové perle, Preciosa Ornela*

#### **d) Lampové perle**

Lampové perle, též nazývané vinuté, jsou velmi drahé, protože se vyrábí ručně každý kus zvlášť. Konec tyčinky se nahřívá nad plamenem a navíjí se na drát. Název lampové perle pochází z minulosti, kdy se perle vyráběly po domácku u stolu a lampy – benzinových kahanů, dnes se vinou u plynových hořáků. Můžeme je znát i pod označením benátské perle, jelikož jejich prvotní výroba pochází z Itálie [1, 2, 13, 14, 15].



*Obr. 8: Lampové perle, Preciosa Ornela*

### e) Foukané perle

Dalším typem perlí jsou perle foukané (duté), které se vyznačují svojí lehkostí a tenkostěnností. Dříve se foukalo tzv. volně, kdy foukač tvaroval dle vlastního uvážení, každá perle byla originál. V roce 1876 se přistoupilo k foukání do tvárnic - dřevěných a kovových forem. Nejprve se vyráběly tvárnice pouze jednodílné, dnes se fouká i šedesát perlí z jedné formy. Tyto perle se zušlechťují vnitřním a vnějším pokovem, k nejrozšířenějšímu zušlechtění patří vnitřní stříbření, které vytváří zrcadlový efekt. Dále se zušlechťují pravým zlatem nebo se barví. Do této kategorie patří velmi oblíbené foukané vánoční a velikonoční ozdoby a různé typy dekorací (Obr. 9)



Obr. 9: Vánoční dekorace, Dona glass

[1, 2, 13, 14, 15].

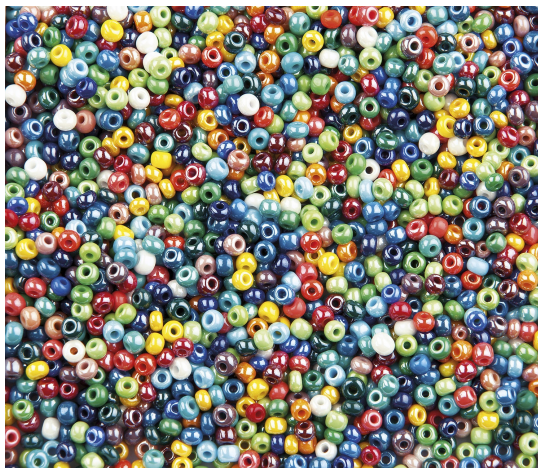
### f) Sekané perle

Sekané perle jsou drobná skleněná tělíska různých tvarů, kterým se obecně říká perličky. Používají se převážně pro výrobu skleněné bižuterie, kabelek a dekorací. Pod tímto názvem si můžeme představit rocailles, čípky, tubes a pipes, dvoukrátky nebo tříkrátky [2, 14, 15].

- **Rocailles**

Perličky rocailles se v českém jazyce nazývají rokajl a lidově šmelc (Obr. 10). Skleněné tyčinky se nasekají na sekacích strojích na malé dílky, které se následně roztřídí od odštěpků na bubnovém sítu. Po vytrídění nastává fáze kulacení rokajlu, což je tepelná úprava

povrchu perličky spolu s kulatíci směsí. Je důležité, aby se při kulacení zachovala dírka a povrch perličky byl lesklý. Po dokončení kulacení nastává praní a sušení rokajlu.



*Obr. 10: Rokajl, Preciosa Ornela*

- **Čípky a dvoukrátky**

Tyto artikly, čípky (Obr. 11) a dvoukrátky, se vyrábí ze skleněných tyčí s kulatou či hranatou dírkou nebo několikahranatým povrchem a kulatou dírkou. Tyče se nasekají a vytřídí stejně jako u rokajlu. Perličky se nechají krátce orumplovat tak, aby se neroztříštily. Po vysušení perliček se znovu třídí na sítích od broků vzniklých rumplováním a dále leští v sudech s vodou (vodování).



*Obr. 11: Čípky, Preciosa Ornela*

- **Tříkrátky**

Vyrábí se stejným postupem jako dvoukrátky tak, že se perličky navlečené na drát brousí na křemencovém brusku. Po krátkém rumplování se perličky roztřídí od zbytků skla a poté se ještě třídí na různé velikosti. Největší perličky se zachytí na nejvyšším sítu a nejmenší propadnou do posledního síta.

- **Pipes a tubes**

Tyto artikly se vyrábí stejně jako rocailles. Existují dva typy těchto artiklů –kulacený a vodovaný. Kulacené pipes a tubes vznikají stejným způsobem jako rocailles, ale vodované se místo kulacení dlouho omílají a leští ve vodě. Vyrábí se pouze z tyčinek s kulatou dírkou [14].



Obr. 12: Tvary sekaných perliček, Preciosa Ornela

### **g) Novinky v perličkách**

Novinkami ve skleněných perličkách jsou tzv. farfalle a twin. Název farfalle (Obr. 13) pochází z italského slova, který v překladu znamená motýl. V českém jazyce se těmto perličkám také říká motýlci či mašličky. Tyto perličky začala firma Preciosa Ornela a.s. vyrábět v roce 2005 v základních sklovinách, které později rozšířila.

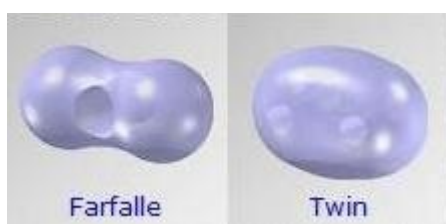
Nejnovějším artiklem českých perliček jsou tzv. twin – dvojčata (Obr. 14). Twin jsou perličky oválného tvaru o rozměrech 2,5 x 5 mm s dvěma dírkami [11].



Obr. 13: Farfalle, Preciosa Ornela



Obr. 14: Twin, Preciosa Ornela



Obr. 15: Tvary perliček, Preciosa Ornela

### 2.2.3 Skleněné kameny

Dalšími důležitými komponenty jsou bižuterní kameny (Obr. 16), které napodobují drahé kameny a polodrahokamy. Kamenová bižuterie je jedním z nejstarších odvětví bižuterie vůbec. Zpočátku se kameny brousily ručně, později lisovaly ze skleněných tyčí pomocí klešťových forem. Kameny jsou charakteristické vysokým indexem lomu a liší se od perlí tím, že nemají díрку. Kameny se lepí nebo vsazují (tzv. fastují) do kovových dílců a poté jsou využívány k výrobě bižuterie. Broušení kamenů je původem z Francie, ale nejznámějším výrobcem kamenů se stal Daniel Swarovski z Jiřetína u Jablonce n.N. a firma Preciosa a.s. [1, 2, 13].



Obr. 16: Kameny, Preciosa

## **3. ZUŠLECHŤOVÁNÍ POVRCHU SKLA**

Zušlechťování skla patří mezi oblíbené vylepšování povrchu skla, aby se výsledné produkty více leskly nebo byly zajímavější a lákavější pro zákazníky. Zušlechťovat se může buď mechanicky, tepelně či chemicky.

### **3.1 Mechanické zušlechťování**

Mechanické zušlechťování je starší než chemické. K mechanickým postupům se používají brusiva, která jsou z tvrdých abrazivních materiálů, nebo vzájemné působení skleněných meziproduktů společně s vodou. Mezi mechanické zpracování skla patří omílání, broušení, pískování, rytí, lámání a sekání, aj. [15, 16].

#### **3.1.1 Omílání (rumplování)**

Skleněné produkty se omílají, nebo též rumplují, v dřevěných několikahraných nebo kulatých sudech s křemičitým pískem a vodou, popř. leštivem. Jeden sud lze maximálně naplnit 60 kg materiálu, 15 kg písku a 30 l vody. Otáčení je závislé na velikosti výrobků, malé výrobky se otáčejí rychleji. Je důležité, aby obsluhující pracovník znal veškeré podmínky omílání (velikost, tvar, barva, jemnost písku, aj.). Po procesu omílání se kvalita povrchu výrobku rozlišuje na mat, jemný mat, pololesk, lesk a vysoký lesk. Pokud se k omílací směsi přidá leštivo, proces se nazývá mechanické matování, které je, oproti chemickému matování, bezpečné, ekologické a levnější. Jedinou nevýhodou mechanického matování je neomatovaná dírka, což může být pro zákazníky znakem nekvality [2, 15, 16].



### **3.1.2 Broušení**

Broušené sklo patří mezi velmi oblíbené a tradiční postupy, kdy výsledný produkt má vyšší index lomu, a tím i vyšší lesk než původní sklovina. Broušení rozdělujeme na hrubé, kde se opracovává přebytečné sklo, a jemné, při kterém se vyrovnávají nedokonalosti a poškrábání z předchozího hrubého broušení. Sklo se brousí a obrušuje na brusných kotoučích pomocí různých brusiv. Ta rozeznáváme přírodní a umělá. Mezi přírodní brusiva řadíme pemzu, křemenný písek, smírek, diamant, a mezi umělá karbid křemíku a elektrokorund.

Proces broušení zároveň doprovází i leštění, které je posledním krokem brusného procesu skla. Používá se u skla plochého, optického, ozdobného dutého a bižuterního skla. Leští se na brusných kotoučích z měkkčího materiálu jako je dřevo, korek nebo plst [2, 16, 17].

## **3.2 Tepelné zušlechťování**

Mezi tepelné zušlechťování patří leštění ohněm, opukávání, zapalování, aj. Leštění teplem se využívá k vyhlazení povrchu a ostrých hran perlí a perliček po mechanických úpravách.

### **3.2.1 Leštění ohněm**

Tepelnými postupy zušlechťování dosahujeme hladkého povrchu, zaoblení ostrých hran a vyhlazení nerovností. Leštění ohněm probíhá v elektrických pecích o teplotách až 1200°C podle typu skloviny. Teplota ohřátí musí být mnohem vyšší než je bod měknutí skla. Celý princip spočívá v rychlém ohřátí skla na vysokou teplotu, aby změkkl pouze povrch skleněného produktu a vyhladil se. Při leštění ohněm se využívá působení sil povrchového napětí, kdy tekutý povrch skla zaujímá co nejmenší plochu – plochu koule. Dále se využívá nízké vodivosti skla, a proto se při rychlém ohřátí na vysokou teplotu nedeformuje celý výrobek, pouze se vyhlazuje a zakulacuje povrch skleněného produktu.

Mimo jiné se během leštění ohněm mění chemické složení na povrchu skla. Alkalické oxidy z povrchu odtékávají za zvýšené teploty a tím se zvyšuje obsah oxidu křemičitého na povrchu. Ten má příznivý vliv na chemickou i mechanickou odolnost a zvyšuje lesk povrchu [2, 16, 17].

### **3.2.2 Opukávání**

Opukávání slouží k oddělování některých součástí výrobku nebo k zkracování výrobku pomocí vysokého pnutí a tím překročení mechanické pevnosti skla. Proces opukávání využívá malé mechanické pevnosti a tepelné vodivosti skla [16].

### **3.2.3 Zapalování**

Další tepelnou úpravou je zapalování, které se používá pouze u tenkostěnných výrobků – užitkové nápojové a technické sklo. Tímto způsobem se zaoblují ostré hrany, kdy se sklo „zapálí“ na vysokou teplotu a působením povrchových sil se okraj zaoblí [16].

## **3.3 Chemické zušlechťování**

V této práci se zabývám chemickým zušlechťováním povrchu skla, kam řadíme vodování, chemické leštění, leptání a matování, stříbření, listrování, irizování, lazurování, sol-gel, aj. Chemické úpravy se používají jako finální opracování skleněných produktů. Většinou se používá i více kombinací těchto metod.

### **3.3.1 Vodování**

Vodování, nebo také leštění vodou, se používá k odstranění nečistot z výrobků a přípravě produktů pro další zpracování. Vodování probíhá v sudech s vodou, kde působí vzájemné omílání skleněných produktů [2].

### 3.3.2 Chemické leštění

Stejně jako u leštění tepelného zde dochází k vyhlazování povrchu skla a nerovností. Pro chemické leštění se využívá lázeň zředěné kyseliny fluorovodíkové za přítomnosti kyseliny sírové. Kyselina fluorovodíková rozpouští oxid křemičitý, který tvoří základní složku skla. Na povrchu se vytváří fluoridy i z dalších součástí skla, z nichž se některé účastní dalších reakcí.

Chemické leštění je velmi nákladné z důvodu ekologických a hygienických předpisů [2, 16, 17].

### 3.3.3 Leptání a matování

K leptání a matování skla se využívá kyseliny fluorovodíkové, která reaguje nejen s přídavnými oxidy, ale i s oxidem křemičitým a rozrušuje mřížku skla. Rychlost leptání je podmíněna koncentrací kyseliny fluorovodíkové, dobou leptání, teplotou a aditivy ve skle.

Leptání skla se využívá na speciální dekory, kdy se povrch skla zčásti ošetří kyselinovzdornou vrstvou, např. voskem. Na místech, kde vosk není, se povrch vyleptá.

V dnešní době se chemické matování převážně nahrazuje mechanickým. Chemické matování je velmi náročné na hygienické předpisy a likvidaci chemického odpadu.

Mechanické matování se provádí v odstředivých nádobách spolu s perličkami a jemným brusivem. U mechanického matování je nevýhodou neomatovaná dírka, což může být pro zákazníky nedostačující. V takovém případě se volí matování chemické [2, 16, 17].

### 3.3.4 Stříbření

Stříbření patří k nejzákladnějším procesům zušlechťování skla pro bižuterii. Jedná se o nanášení vrstviček kovového stříbra na sklo pomocí dusičnanu stříbrného. Touto metodou se vyrábí zrcadla a celé zrcadlové plochy, stříbrné perličky v bižuterii nebo foukané vánoční ozdoby.

V bižuterním průmyslu se perličky nejprve musí dokonale zbavit nečistot a mastnoty. K očištění povrchu a zároveň aktivaci povrchu skla se používá směs kyseliny chlorovodíkové, chloridu cínatého a vody. Na takto očištěné a naaktivované korále se používá stříbřící roztok dusičnanu stříbrného a hydroxidu amonného, zalkalizovaný roztokem hydroxidu sodného nebo draselného. Výsledná směs roztoků se nalévá na perličky, roztok okamžitě po styku s aktivovanými korálemi černá. Perličky s roztokem musí být neustále v pohybu, aby se stříbřící roztok rovnoměrně rozprostřel po celé ploše perlí. K roztoku s korálemi se za stálého míchání pomalu přilévá redukující roztok glukózy. Po chvilce se redukuje kovové stříbro na povrch korálí a plochy stříbřící nádoby. Takto postříbřené korále se několikrát opláchnou v teplé vodě a vysuší. Posledním krokem stříbření je lakování povrchu perliček z důvodu nestálosti stříbrné vrstvy na skleněném povrchu. Obdobným způsobem se provádí zlacení a platinování perliček [2, 14, 15, 17].

### Stříbrný průtah

Velmi oblíbenými artikly v bižuterii jsou perličky se stříbrným průtahem. Perličky nejsou stříbrné po celém svém povrchu, ale pouze uvnitř dírky. Takto zušlechtěné korále lákají zákazníky svým leskem a jedinečností. Výsledný efekt průtahu perliček vzniká postříbřením celého povrchu perliček a dodatečným odstraněním vrstvičky kovového stříbra pouze z povrchu perle. Perličky se omílají v sudu s vodou, popř. s pemzou. Takto odstraněné stříbro se znovu využije v dalším stříbřícím procesu.

Jelikož je tento artikl u zákazníků velice oblíbený, existují automatické stříbricí linky na výrobu velkého množství průtahových korálí. Nejprve se automaticky odváží skleněný materiál a odpovídající množství stříbrčího roztoku. Materiál je vsypán do otáčecího bubnu společně s vodou. Poté je otevřen otvor pro přívod stříbrčího roztoku a následně i redukčního. Redukce probíhá pár minut, roztok je odpuštěn a buben se naplní vodou, aby se perle opraly a odstranila se vrstvička kovového stříbra z povrchu perliček. Po další výměně vody následuje sušení v odstředivce a třídění nepoškozených perliček od zmetků způsobených omíláním. Posledním krokem stříbrčího procesu je lakování v kovových bubnech, v kterých se nalakuje celý povrch, ale opět se korále omílají s vodou a lak zůstává pouze v dírce, kde chrání vrstvičku stříbra před vzdušnou oxidací [2, 14].



Obr. 17: Čípky se stříbrným průtahem, Preciosa Ornela

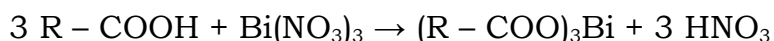
### 3.3.5 Listrování

Listr, tmavá viskózní kapalina, vytváří tenký film oxidů kovů na skle, který se projevuje bezbarvým nebo barevným filmem. Z chemického hlediska jsou listry kovová mýdla esterů pryskyřičných kyselin. Dělí se na bílý listr a ostatní listry barevné, preparáty drahých kovů, které se v různých poměrech míchají.

Listrování je oblíbené pro rozmanitost vyrobených perliček a vysoký lesk. Nejen tedy, že listr zvyšuje index lomu skla a tím i lesk, ale lze jím i zakrýt menší vady na povrchu skla, jelikož snižuje jeho průhlednost. Další výhodou listrů je, že zvyšují pevnost skla proti mechanickému porušení povrchu. Listr se používá na křišťálové, čiré barevné a syté sklo. Nejpoužívanějším listrem je listr bílý, který vícekrát namazaný na alabastru tvoří tzv. ceylon. Krémový listr vzniká náročnou přípravou z bílého a směsí barevných listrů, dříve se vyráběl ze směsi listru žlutého a červeného. Lze vyrobit listry různých kovů, a tím listrování nabízí velké rozmezí zabarvení povrchu skla [2, 14, 16, 17].

### **Bílý listr**

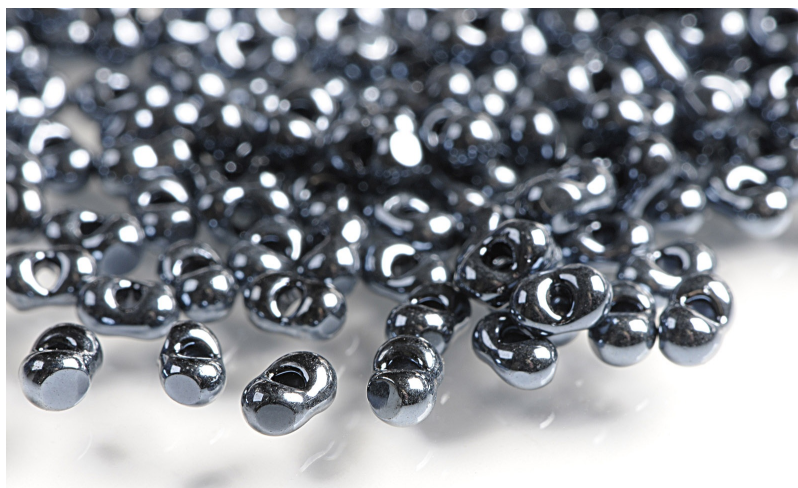
Bílý listr je tvořen roztokem dusičnanu bismutitého rozpuštěného v kalafuně. Jedná se tedy o roztok organických kyselin a bismutité soli, tzv. rezinát bismutu, dle následující rovnice.



Kalafuna se nechá roztavit a při varu se do ní opatrně nasype dusičnan bismutitý, roztok ztmavne a zhoustne, zředí se terpentýnovým olejem a stáhne z ohně. Takto připraveným bílým listrem lze ihned mazat korále. Nejprve se očištěné korále předehřívají na 80 – 100 °C v peci, aby se listr řádně namazal a rozpouštědlo se odpařilo. Nahřáté korále se vsypou do elektrické míchačky a během kruhového míchání se nalije zředěný listr na korále. Při styku horkých perliček a listru vzniká dým a částečně se odpařuje terpentýnový olej. Několikrát se směs promíchá tyčí, aby se listr namazal po celém povrchu všech perlí. Takto namazané korále se nasypou na kovové síto a rovnoměrně rozetřou po celé ploše. V tomto stadiu se korále na sebe lepí, až po odpaření veškerého rozpouštědla a zaschnutí listru se od sebe lehce oddělí.

Po zaschnutí se korále vypalují v komorových nebo tunelových pecích, kde se listry rozkládají a tvoří listrovací vrstvu na skle. První sekce pece je vyhřátá na 350 – 450 °C, při které se odpaří

veškeré ředidlo. Následuje sekce druhá, vypálení samotných listrů na 500 – 650 °C dle typu listru. Teplem se listrovací směs rozkládá a na povrchu perliček ulpívá vrstva kovových oxidů, probíhá zde částečná difúze s povrchem skla. Třetí sekcí se korále částečně ochlazují a vypadávají do připravených pánví [2, 16, 17, 18].



*Obr. 18: Bílý listr na černých perličkách - hematit, Preciosa Ornela*

### **3.3.6 Lazurování**

Principem celého procesu je difúze iontů kovů z lazurovací směsi do povrchu skla. Žářem se ionty skla vyměňují stejným počtem iontů kovů z lazurovací směsi. Ionty kovů difundují v rozmezí teplot 500 – 600 °C. Nejznámějšími lazurami jsou stříbrná a měděná.

Lazurování patří mezi nejstarší malířské techniky, při které se na sklo nánáší lazurovací směs obsahující stříbrné nebo měděné ionty. Lazurování se především využívá pro užitkové a dekorativní sklo, ale i v bižuterii, kde se provádí lazurování na mačkaných perlích. Lazurovací směs se skládá ze dvou hlavních složek, barvicí složky a nosiče, čímž bývá kaolín a voda, terpentýnový olej, aj. Sloučeniny stříbra a mědi dávají sklu různá zbarvení. Pro stříbrné sloučeniny je charakteristické hlavně žluté zbarvení a pro měděné je to zbarvení

červené. Prvotně ionty kovů mění barvu skla, ale zvyšují i chemickou odolnost a mechanickou pevnost skla. Lesk, čírost a průhlednost skloviny se zachovává [2, 13, 16, 17, 18].

### **a) Stříbrná lazura**

Lazurovací směs se skládá ze stříbrné soli, nejčastěji to bývá oxid stříbrný, uhličitan stříbrný, chlorid stříbrný nebo dusičnan stříbrný. Tyto soli, stejně jako všechny soli drahých kovů, nejsou stálé a snadno je redukcí rozkládat. Záleží zde především na redukovatelnosti stříbrné sloučeniny než na její koncentraci, jelikož se velká část stříbrných iontů nevyužije. Další složkou lazurovací směsi je látka, která se neúčastní reakce. Používá se jí, kaolín, okr, aj.

Stříbrná lazura se dostala do průmyslové výroby počátkem 19. století, kdy ji zavedl Bedřich Egermann u Nového Boru. Principem této metody je výstup a vstup stejného počtu iontů podobné velikosti mezi sklem a lazurovací směsí. Ve skle jsou obsažena redukovadla, která napomáhají redukovat stříbrný kationt na kovové stříbro. Vznikají shluky atomů stříbra koloidních rozměrů. Velikost těchto koloidních shluků udává výslednou barvu lazury. Pokud je sklovina měkká, vznikají malé krystalky a výsledná lazura má barvu žlutou. V tvrdém skle se vytváří krystaly velké a barva lazury může být červená až fialová. Dříve tyto okolnosti známy nebyly, a proto se stříbrné lazure nazývalo lazura žlutá [16, 17].

Již ve středověku byly známy směsi, kterými se barvila sodno - vápenatá skla do žlutého zbarvení. Směs obsahovala stříbrné soli, jí, a přírodní oleje. Výsledná barva, světle žlutá, byla známa pod pojmem *silver-stain* (*stříbrná skvrna*). Barvení skel bylo způsobeno absorpcí a rozptýlením stříbrných nanočástic ve skle. Tato barvicí technika se skládala z tepelných úprav rozdělených do dvou částí. V první části probíhala iontová výměna stříbrných iontů ze směsi s ionty ze skla. Tento proces je nazýván také jako nukleace



stříbrných nanočástic. Druhou částí tepelných úprav je redukční proces stříbrných iontů. Tato část je známá jako růst a shlukování nanočástic, které způsobuje zbarvení skla [19].



*Obr. 19: Žlutá lazura, Egermann*

Iontovou výměnu sodíkových a stříbrných iontů v běžně používaných sodno-vápenatých sklech následuje žihací proces, při kterém se tvoří malé stříbrné částice v povrchové vrstvě skla. Závislost měřené hloubky je popsána systémem nelineárních diferenciálních rovnic [20]. Skla se tepelně žihala na vzduchu při teplotách v rozmezí 500 – 600 °C. Až po žihání při teplotě kolem 600 °C po dobu 45 hodin byly vytvořeny nanočástice o velikostech 3 – 8 nm [21]. V článku [22] byla také pozorována agregace atomů stříbra, která se objevila žiháním při teplotách nad 570 °C po více než 25 hodinách.

Pro červená zbarvení křišťálového olovnatého skla se používají přídavky redukujících oxidů stříbrných iontů jako oxid arsenitý, antimonitý, cínatý nebo ceritý. Obsah těchto přidaných oxidů je

nejdůležitějším faktorem pro rozvoj červeného zbarvení u těchto skel. Nejintenzivnější červené zbarvení vzniklo na olovnatém skle, které obsahovalo redukující oxid antimonitý [23].

## **b) Měděná lazura**

Lazurovací směs obsahuje barvicí složku, většinou síran měďnatý, a jíl, kaolín nebo okr. Měděná lazura se musí vypalovat třikrát. V prvním výpalu probíhá iontová výměna a difúze mezi sklem a lazurovací směsí. Vzniká žlutozelené zbarvení povrchu skloviny. Druhým, redukčním, výpalem se ionty mědi redukují na  $\text{Cu}^+$ , popř.  $\text{Cu}^0$ . Posledním oxidačním výpalem za zvýšené teploty se dosahuje shlukování mědi do koloidních rozměrů.

Měděnou lazurou se dosahuje červeného zbarvení skloviny, tato barva je dána koloidní formou mědi. Měděná lazura zvyšuje mechanickou pevnost a chemickou odolnost skla. Tato lazura je dražší než stříbrná z důvodu trojího výpalu [16, 17, 18].

Výzkumem bylo zjištěno, že až 30 – 40 % oxidu sodného při povrchu skla může být nahrazeno oxidem mědným. Zjištění naznačuje, že po vstupu do skla se některé ionty  $\text{Cu}^+$  mění na  $\text{Cu}^{2+}$ . Bylo též prokázáno, že rychlost iontové výměny zřetelně roste s rostoucím obsahem  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve skle [24]. Podobný výzkum proběhl i pro výměnu oxidu sodného za kationty mědné z chloridu mědného při žihání na 550 °C [25]. Předpokládá se, že se po iontové výměně rovnováha mezi měďnatými ionty, mědnými ionty a koloidy mědi mění s hloubkou nadifundované vrstvy [26].

V článku [27] autoři popisují velmi efektivní barvení skla. Na horký skleněný povrch byly rozprašovány kovové prášky s obsahem mědi. Bylo zjištěno, že tato forma mědi má velmi dobrou přilnavost ke sklu.

Jednomocná měď tvoří modro-zelené zbarvení skla. Skla, na kterých probíhala iontová výměna, byly žíhány na vzduchu po dobu jedné hodiny při různých teplotách a jejich fotoluminiscenční spektra se zaznamenávala při pokojové teplotě. Bylo zjištěno, že intenzita iontové výměny roste s rostoucí teplotou [28].

V dalších dvou člancích [29, 30] se výzkumem zjistilo, že ozáření skla UV světlem před žíhacím procesem má velmi příznivé účinky na vznik atomů mědi. V prvním případě se shlukování atomů mědi objevilo po žíhání skla na 500 °C po dobu 30 minut a v druhém případě se shluky objevily po žíhání na 460 °C po dobu 45 minut. V obou případech se nanočástice mědi tvořily pouze na ozářené části skla. V článku [30] autoři také tvrdí, že po překročení kritické teploty 460 °C, se nanočástice tvoří v obou částech skla (v ozářené i neozářené UV světlem). Avšak v ozářené části se vyskytovalo více volných elektronů, a tím mohlo být více iontů mědi redukováno na kovovou měď.



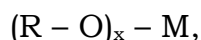
*Obr. 20: Červená lazura, Egermann*

### 3.3.7 Metoda sol-gel

V dnešní době je příprava materiálů metodou sol-gel velmi oblíbená a rozšířená v mnoha odvětvích. Metoda sol-gel se dnes využívá ve sklářském, keramickém, optickém průmyslu a také ve vojenství a mikroelektronice. První patent na fotografické čočky připravené pomocí metody sol-gel byl vydán již v roce 1939.

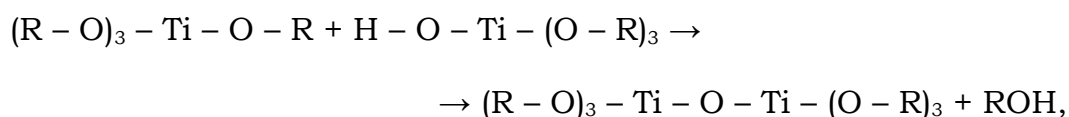
Metodou sol-gel rozumíme přípravu prvotního roztoku, který určitými postupy převedeme na sol. Tvorbu solu doprovází dva typy reakcí – hydrolýza a kondenzace, které mohou probíhat samovolně nebo při změně podmínek. Sol je roztok obsahující koloidní částice, za daných podmínek je sol relativně stabilní. Dalším krokem je gelace solu, která spočívá ve vzniku vzájemných interakcí mezi koloidními částicemi – prostorové propojení a zvyšování viskozity. V bodě gelace existuje v solu nepřerušovaná polymerní síť rozprostřená v celém objemu solu. Procesem gelace ze solu vzniká gel, který obsahuje velké množství pórů s rozpouštědlem. Po fázi gelace solu nastává stárnutí gelu, které může trvat několik hodin, dní až měsíců. Stárnutí gelu se projevuje zvýšením tuhosti a mechanické pevnosti. Posledním krokem přípravy metodou sol-gel je zhutnění gelu na konečný produkt.

Při přípravě solů vycházíme z alkoxidů. Alkoxidy jsou chemické látky odvozené od alkoholů nahrazením slabě kyselého vodíku za kov. Jejich obecný vzorec vypadá následovně:



kde R označuje alkoholový zbytek tvořený z původního alkoholu a M označuje kov (popř. i nekov), který nahradil skupinu slabě kyselých vodíků ve skupinách alkoholů C – O – H. V experimentální části pracuji s alkoxidem nazývaným tetraisopropyl titanát (IPTI):  $(C_3H_7 - O)_4 - Ti$ . Ve čtyřech molekulách isopropanolu se nahradí čtyři slabě kyselé vodíky kovem, titanem.

Během přípravy solu je velmi důležité zajistit suché prostředí, aby neprobíhala volná hydrolyza alkoxidů. Z tohoto důvodu se používá bezvodých rozpouštěděl. V experimentální části jsem jako rozpouštědlo alkoxidu IPTI použila isopropylalkohol (IPA). Po rozpuštění IPTI na pravý roztok lze přidávat další část rozpouštědla IPA ve směsi s vodou a kyselým nebo zásaditým katalyzátorem. V této části probíhá již řízená hydrolyza alkoxidů za vzniku hydroxyderivátů podle molárního poměru koncentrace vody ke koncentraci příslušného alkoxidu. Po částečné hydrolyze alkoxidů zároveň probíhá i polykondenzace. V případě mého experimentu probíhaly tyto polykondenzační rovnice:



kde R nahrazuje uhlovodíkový zbytek (C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>).

V případě, že oba reaktanty obsahují skupinu O - H, vzniká jako vedlejší produkt voda, která se účastní dalších hydrolyzujících reakcí. Všechny tyto reakce probíhají do vyčerpání vhodných reaktantů, až do doby, kdy se prostorově propojí všechny částice a vzniká gel s rozpouštědlem obsaženým uvnitř pórů.

Připravený sol lze nanášet na potřebný materiál několika způsoby. Nejpoužívanější technikou nanášení solu je technika dip-coating, kdy se materiál po ponoření do solu stejnoměrnou rychlostí vytahuje. K zajištění konstantní rychlosti vytahování se používá strojek s elektrických regulovatelným pohonem. Po vytažení materiálu se ze solu odpařuje rozpouštědlo a probíhá hydrolyza způsobená vlhkostí ze vzduchu. Techniku dip-coating jsem používala v experimentální části.

Mezi další způsoby nanášení solu patří metoda spin-coating, která se v českém jazyce nazývá odstřeďování. Tato technika je založená na nanášení solu na rotující podložku substrátu, kdy se odstřeďováním odstraní přebytečné množství solu. Následně probíhá odpařování

rozpouštědla a hydrolyza solu vlhkostí ze vzduchu. Roztoky připravené metodou sol-gel se dále nanášejí tzv. sprejováním, naléváním, sítotiskem, aj. Metoda sol-gel je jednou z nejpoužívanějších metod pro přípravu tenkých vrstev, filmů, vláken a jemných prášků pro keramický průmysl [31, 32, 33].

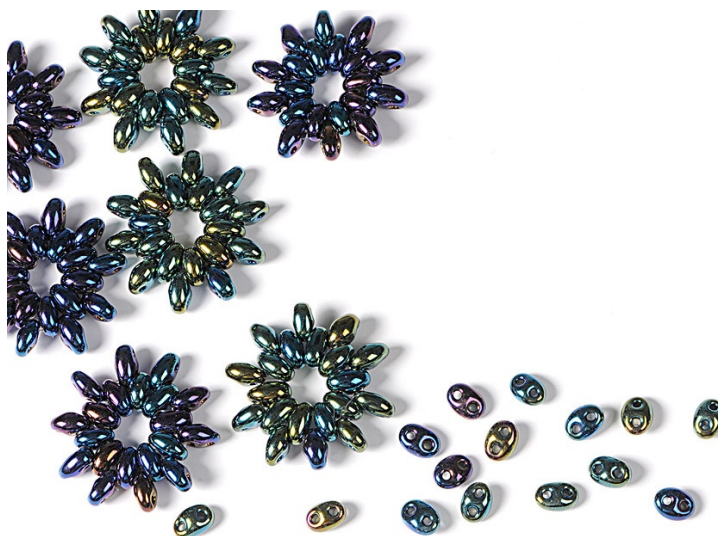
V článku [34] vědci pomocí metody sol-gel připravili vrstvy obsahující stříbro na křišťálová olovnatá skla. Zkoumala se skla s přídavkem oxidu arsenitého, který může redukovat stříbrné ionty na kovové stříbro při vyšších teplotách. Cílem bylo upřednostnit redukcí stříbrných iontů a agregací do formy nanočástic a koloidů. Koloidy stříbra dávají žluté až červené zbarvení skla. Vliv na zbarvení skla měl obsah oxidu arsenitého v základním skle, obsah stříbra v solu, tloušťka vrstvy, atmosféra, teplota a čas tepelného zhutňování solu na gel.

Článek [35] pojednává o různých metodách používaných pro barvení skel pomocí stříbra. Mimo jiné se i krátce zabývá stříbrnou lazurou pomocí iontové výměny stříbrných iontů s ionty ve skle. Hlavním tématem tohoto článku je metoda sol-gel, kterou lze měnit výsledný efekt vrstvy, intenzitu zbarvení a složení skla v povrchové vrstvě. Článek popisuje postupy přípravy, vlastnosti a různé modifikace použití této metody. Samostatná kapitola článku je věnována antibakteriálním účinkům stříbra. Efekty připravené vrstvy s obsahem částic stříbra byly zkoumány na bakteriích *Escherichia coli*. Bylo zjištěno, že antibakteriální účinky se zvyšují s rostoucí koncentrací částic stříbra, ale snižují se se zvětšováním velikosti těchto částic.

### **3.3.8 Irizování**

Další chemickou úpravou skleněné bižuterie je irizování. V bižuterii se irizující vrstvy vytváří převážně metodou nazývanou teplý iriz. Tato technika spočívá v usazování par chloridu cínatého nebo titaničitého na horkém skle.

Na povrchu skla se vytváří irizující vrstvy, které mají měňavé zbarvení podle tloušťky této vrstvy. Na povrchu skla dochází k interferenci světla vyvolanou tenkými vrstvami. Na nestejném povrchu skloviny je jedna barva dominantní a ostatní vytváří doplňující barevné efekty. Pokud je povrch skla stejnoměrný, vzniká téměř jednobarevný iriz. Převládající barva je určena tloušťkou irizující vrstvy, která závisí na době expozice irizu. Nejkratší dobou expozice – nejslabší vrstva irizu – vzniká barva šedá, tzv. sfinx. S dalším prodlužováním doby expozice se vytváří barvy v následujícím pořadí: hnědá, modrá, zelená, červená, ostře zelená a ostře červená. Používají se i kombinace různých barev irizu [2, 14, 13, 16, 17, 18].



*Obr. 21: Perličky Twin s povrchovou úpravou iriz, Preciosa Ornela*

## 4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 4.1 Stříbření

Prvním pokusem jsem zvolila stříbření rokajlu, což je oxido - redukční proces, při kterém se redukuje stříbrná sůl působením redukčního činidla na kovové stříbro. Pokus stříbření jsem zkoušela pro tři různé koncentrace stříbra:  $c_1=0,0927 \text{ mol/l}$  (Obr. 22),

$c_2=0,1113 \text{ mol/l}$  (Obr. 23),

$c_3=0,1298 \text{ mol/l}$  (Obr. 24).

Celý proces stříbření se dělí do několika fází:

1. aktivace povrchu skla
2. příprava roztoků
3. míchání roztoků a stříbření
4. nanášení ochranných laků

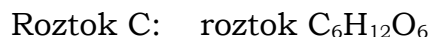
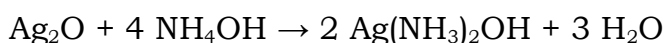
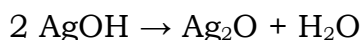
Perličky jsem důkladně očistila destilovanou vodou a mycím prostředkem. Poté jsem si připravila aktivační roztok, což je směs dihydrátu chloridu cínatého (1,25 g), 10%-ní kyseliny chlorovodíkové (1 ml) a destilované vody (12,5 ml). Tento roztok je silným redukčním činidlem a vytváří na povrchu skla redukční centra, která slouží k redukci stříbrných kationtů v samotném procesu stříbření. Na aktivaci 50 g perliček jsem použila 1 ml aktivačního roztoku a 4 ml destilované vody. Perličky jsem promíchala v aktivačním roztoku a opláchla destilovanou vodou.

Připravila jsem si potřebné množství chemikálií na přípravu tří základních roztoků stříbřící směsi. Roztok A se skládá z dusičnanu stříbrného rozpuštěného ve vodě a 25%-ního hydroxidu amonného. Vzniká hydroxid stříbrný, který se okamžitě rozkládá za vzniku vody a oxidu stříbrného. Tmavě hnědá sraženina oxidu stříbrného je dobře



rozpustná v hydroxidu amonném za vzniku komplexu hydroxidu diamostříbrného. Roztok B, hydroxid amonný a draselný, slouží k zalkalizování roztoku A. Posledním roztokem C je redukční roztok glukózy, který vyredukuje stříbrný kationt na kovové stříbro.

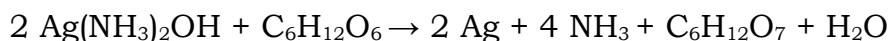
Chemické reakce v roztocích:



Připravené roztoky jsem namíchala v následujícím pořadí. K roztoku A jsem opatrně přilila roztok B. Výsledný roztok musí být čirý, pokud by zůstal tmavý, mohla by vzniknout na povrchu roztoku souvislá vrstva výbušniny - třaskavého stříbra,  $\text{Ag}_3\text{N}$ . Pokud by taková vrstva vznikla, nelze roztok zlikvidovat bez následné exploze. Třaskavé stříbro se vylučuje i při dlouhodobějším stání roztoku.

Takto smíchané roztoky A a B jsem za neustálého míchání nalila na zaktivované perličky. Teplota roztoků se pohybuje kolem pokojové teploty, max. do 25 °C. Při vyšší teplotě by mohla nastat předčasná redukce stříbra. Teplota skleněných perliček se také pohybuje při pokojové teplotě, max. do 29 °C. Při vyšších teplotách by docházelo k rychlé redukci a vypadávání kovového stříbra, což by mohlo mít za následek nerovnoměrné pokrytí povrchu perliček.

Roztok po styku s perličkami okamžitě zčernal. Pomalu jsem přilila celý redukční roztok glukózy a stále míchala. Během pár minut se vyredukovalo kovové stříbro na povrch perliček i stříbřící nádoby. Redukcí tedy vzniklo kovové stříbro, amoniak, voda a kyselina glukonová (viz. následující reakce).



Perličky jsem opakovaně propláchla teplou vodou a nechala usušit v sušárně při 120 °C.

Posledním krokem průmyslové výroby postříbřených perliček je nanášení vrstev ochranného laku. Kovové stříbro je na vzduchu nestálé za přítomnosti sloučenin síry, které se vytvářejí spalováním uhlí, a chlóru. Nanášení ochranného laku jsem neprováděla [15, 17, 35].



*Obr. 22: Vzorek postříbřených perliček, koncentrace  $c_1$*



*Obr. 23: Vzorek postříbřených perliček, koncentrace  $c_2$*



*Obr. 24: Vzorek postříbřených perliček, koncentrace  $c_3$*

## 4.2 Listrování

Listrováním se získává spousta barevných odstínů podle použitých chemikálií. Já jsem zvolila listr bílý, který se připravuje z kalafuny, dusičnanu vizmutitého a terpentýnového oleje. Na 1 g dusičnanu vizmutitého připadá 2,7 g kalafuny a 10 ml terpentýnového oleje.

Kalafunu, směs přírodních látek z pryskyřice borovic, která taje při 75 °C, jsem nechala roztavit v kádince na elektrickém vařiči. Když kalafuna začala vřít a byla plně tekutá (nad 100 °C), přisypala jsem opatrně dusičnan bismutitý, který se v kalafuně úplně rozpustil. Kalafuna po přidavku dusičnanu mění barvu na tmavě hnědou až černou. Takto vzniklý listr jsem ještě krátce povařila, stáhla z ohně a nechala vychladnout. Po vychladnutí jsem listr zředila terpentýnovým olejem.

Na 50 g černých perliček jsem použila 2 ml uvařeného listru, který jsem ještě zředila 2 ml terpentýnového oleje. Perličky jsem zahřála v kádince přibližně na 100 °C a za stálého míchání k nim přilila zředěný listr. Takto namazané perličky jsem několikrát promíchala skleněnou tyčinkou, aby se listr namazal rovnoměrně. Perličky jsem nechala zaschnout na filtračním papíře.

Listr jsem si nechala vypálit ve firmě Preciosa Ornela a.s. v Zásadě, protože v chemické laboratoři není několikafázová vypalovací pec potřebná pro vypálení listrů. Teploty vypalování byly následující: 400 – 500 – 560 °C. Po vypálení jsem listry opláchla teplou vodou a nechala usušit. Vzniklý dekor byl slabý a nerovnoměrný, proto jsem perličky namazala zbylou směsí stejným množstvím ještě jednou. Perličky jsem opět nechala vypálit v Zásadě při stejných teplotách (Obr. 25).

Stejný pokus jsem vyzkoušela i na černých perličkách – farfallích (Obr. 26).



Obr. 25: Bílý listr na černých perličkách - rokajlu



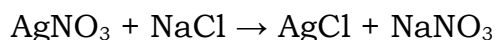
Obr. 26: Bílý listr na černých perličkách - farfallích

### 4.3 Lazurování

Lazurování patří mezi jedny z nejstarší malířských technik. Tato metoda je velmi závislá na podmínkách výroby, i při malé obměně podmínek nemusí vzniknout žádoucí dekor. Připravuje se lazura stříbrná a měděná. Stříbrná lazura je mnohem jednodušší a ekonomičtější než měděná, která se musí vypalovat třikrát.

#### a) Stříbrná lazura

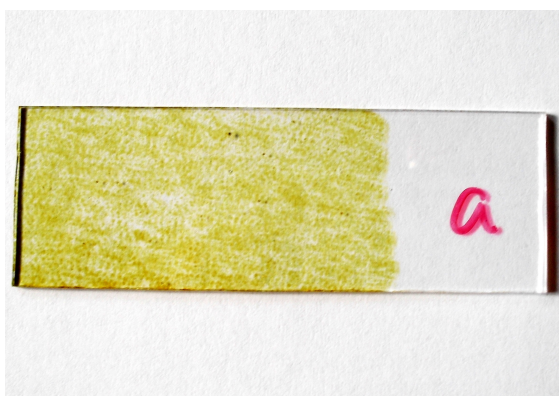
Dalším pokusem jsem zvolila lazurování skla stříbrnou lazurou. Nejvhodnější stříbrnou solí pro lazurování je chlorid stříbrný, který jsem vysrážela z rozpuštěného dusičnanu stříbrného a chloridu sodného dle rovnice. Vzniklý chlorid stříbrný na světle tmavne, je tzv. fotosenzitivní.



Odvážené množství chloridu stříbrného jsem smíchala s kaolínem v poměru 1:3. Kaolín nijak neovlivňuje zbarvení skleněného materiálu, ale slouží k vytvoření vhodného prostředí. Použila jsem 1 g AgCl

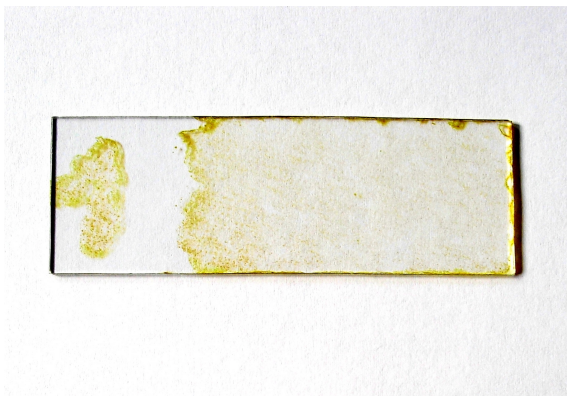
na jednu lazurovací směs. Po důkladném rozetření a promísení kaolínu s chloridem stříbrným jsem přilila terpentýn, který slouží k vytvoření pasty, aby se dala lehce nanášet na sklo. Skleněné perličky jsem v třecí misce promíchala s vzniklou lazurovací pastou a nanášela směs na laboratorní sklíčko. Stříbrnou lazuru jsem nechala vypálit v peci. Tento postup jsem prakticovala u všech pokusů stříbrných lazur.

Nejprve jsem zkoušela stříbrnou lazuru pouze na laboratorní sklíčko. Navážila jsem 0,37 g chloridu stříbrného a 1,06 g kaolínu a rozetřela v třecí misce. K této směsi jsem přilila 1,4 ml terpentýnového oleje a po promíchání pasty nanasla na laboratorní sklíčko. Sklíčko s lazurovací směsí jsem nechala vypalovat dvě hodiny při 620 °C. Jelikož lazurovací směs ručním třením nemůže být dokonale homogenní, sklíčko je zbarveno nerovnoměrně žlutě (Obr. 27).



*Obr. 27: Vzorek stříbrné lazury na laboratorním sklíčku*

Při nanášení stříbrné lazury na krystalové perličky jsem navážila 0,69 g chloridu stříbrného a 2,06 g kaolínu. Směs jsem řádně rozetřela, promísila a přilila 2 ml terpentýnového oleje. Vzniklou směsí jsem obalila perličky a nanasla na laboratorní sklíčko. U skla používaného na perličky je deformační teplota kolem 540 °C, proto jsem stříbrnou lazuru nechala vypalovat pouze na 565 °C po dobu dvou hodin. Žlutá lazura na perličkách a laboratorním sice vznikla, ale v menší intenzitě než u sklíčka vypalovaného na vyšší teplotu (Obr. 28, 29).



Obr. 28: Vzorek stříbrné lazury na laboratorním sklíčku



Obr. 29: Vzorek stříbrné lazury na perličkách

Tabulka 1: Množství chemikálií použitých na stříbrné lazury

<b>STŘÍBRNÁ LAZURA</b>	<b>1. pokus – sklíčko</b>	<b>2. pokus – perličky</b>
<b>chlorid stříbrný</b>	0,37 g	0,69 g
<b>kaolín</b>	1,06 g	2,06 g
<b>terpentýnový olej</b>	1,40 ml	2,00 ml
<b>teplota vypalování</b>	620 °C	565 °C
<b>doba vypalování</b>	120 min	120 min

## b) Měděná lazura

Měděná lazura je velmi náročná na přípravu a podmínky výroby, aby výsledný dekor byl uspokojující. Důležitá je homogenita a přesné složení lazurovací směsi, složení skleněného povrchu a teploty vypalování.

Po mnoha nezdařených pokusech jsem zvolila lazurovací směs složenou z jednomocných sloučenin mědi: chloridu mědného, oxidu mědného, kaolínu a terpentýnového oleje v poměru 1 : 1 : 1 : 2. Odvážila jsem si potřebné množství pevných chemikálií (po 1 g)

a rozetřela v třecí misce. K této směsi jsem přilila 2 ml terpentýnového oleje a důkladně míchala, až vznikla kašovitá hmota lazurovací směsi.

Ve směsi jsem obalila krystalové perličky a nanesla na laboratorní sklíčko. Měděnou lazuru jsem nechala vypalovat v peci na 575 °C po dobu 90 minut (Obr. 30). Vzorek perliček jsem vypálila i podruhé, ale výsledný efekt se nijak nezměnil.

Stejný pokus jsem provedla i pro lazurovací směs bez kaolínu. Smíchala jsem 1,7 g chloridu a oxidu mědného a 1 ml terpentýnového oleje. Tuto směs jsem rozetřela, nanesla na perličky a laboratorní sklíčko a nechala vypalovat při stejných podmínkách jako minulý pokus. Výsledný dekor nebyl tak intenzivní jako v případě pokusu s kaolínem.



Obr. 30: Vzorek 1. pokusu měděné lazury po 1. výpalu

Tabulka 2: Množství chemikálií použitých na měděné lazury

<b>MĚDĚNÁ LAZURA</b>	<b>1. pokus – perličky</b>	<b>2. pokus – perličky</b>
<b>chlorid mědný</b>	1,12 g	1,69 g
<b>oxid mědný</b>	1,11 g	1,68 g
<b>kaolín</b>	1,10 g	0,00 g
<b>terpentýnový olej</b>	2,00 ml	1,00 ml
<b>1. teplota vypalování</b>	575 °C	575 °C
<b>1. doba vypalování</b>	90 min	90 min
<b>2. teplota vypalování</b>	570 °C	570 °C
<b>2. doba vypalování</b>	60 min	60 min

Stejný postup jsem prakticovala i u dalšího pokusu měděné lazury. Lazurovací směs se skládala z dvojmocné sloučeniny mědi, vyžihané modré skalice, a oxidu mědného. Vyzkoušela jsem variantu s kaolínem i bez ve stejných poměrech jako v minulém pokusu. Vzorky jsem nechala vypalovat v peci na 575 °C po dobu 90 minut. Perličky po prvním výpalu obou vzorků byly stejně zabarvené, modrozeleně (Obr. 31).

Oba vzorky po prvním výpalu jsem opláchla od lazurovací směsi a nechala vypalovat podruhé – redukčním výpalem. Nadrtila jsem dřevěné uhlí, které zajistilo při vypalování redukční prostředí, a přilila terpentýnový olej. Ve směsi jsem perličky obalila a nechala vypalovat na 540 °C po dobu 45 minut.

Vzorek perliček s lazurovací směsí bez kaolínu se po redukčním výpalu projevil intenzivněji (Obr. 32).

*Tabulka 3: Množství chemikálií použitých na měděné lazury*

<b>MĚDĚNÁ LAZURA</b>	<b>1. pokus – perličky</b>	<b>2. pokus – perličky</b>
<b>modrá skalice</b>	1,04 g	1,63 g
<b>oxid mědný</b>	1,12 g	1,67 g
<b>kaolín</b>	1,05 g	0,00 g
<b>terpentýnový olej</b>	2,00 ml	1,00 ml
<b>1. teplota vypalování</b>	575 °C	575 °C
<b>1. doba vypalování</b>	90 min	90 min
<b>černé uhlí</b>	1,52 g	1,57 g
<b>terpentýnový olej</b>	2,00 ml	2,00 ml
<b>2. teplota vypalování</b>	540 °C	540 °C
<b>2. doba vypalování</b>	45 min	45 min





Obr. 31: Vzorek měděné lazury po 1. výpalu



Obr. 32: Vzorek měděné lazury po 2. výpalu

### c) Mix lazur

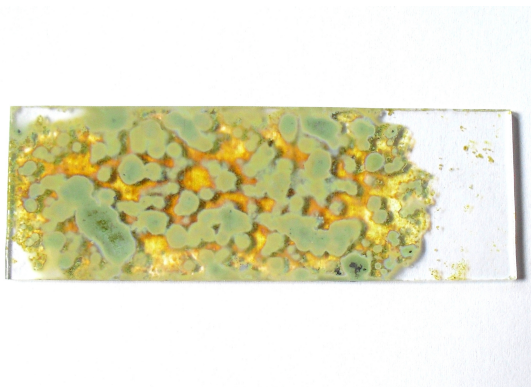
Při posledním pokusu jsem vyzkoušela kombinaci lazur, na větší krystalové perličky pro lepší viditelnost zbarvení. Odvážila jsem 1,92 g chloridu stříbrného, 0,51 g chloridu mědného, 5,53 g kaolínu a směs promíchala. Přilila jsem 5,50 ml terpentýnového oleje, důkladně perličky obalila v lazurovací směsi a nanasla na laboratorní sklíčko. Vzorek jsem nechala vypalovat v peci při teplotě 630 °C 45 minut. Perličky i laboratorní sklíčko se zbarvily intenzivně žlutozeleně (Obr. 33, 34).

Tabulka 4: Množství chemikálií použitých na mix lazur

<b>MIX LAZUR</b>	
<b>chlorid stříbrný</b>	1,92 g
<b>chlorid mědný</b>	0,51 g
<b>kaolín</b>	5,53 g
<b>terpentýnový olej</b>	5,50 ml
<b>teplota vypalování</b>	630 °C
<b>doba vypalování</b>	45 min



*Obr. 33: Vzorek mix lazur na perličkách*



*Obr. 34: Vzorek mix lazur na laboratorním sklíčku*

#### **4.4 Metoda sol – gel**

Další metodou jsem zvolila metodu sol-gel, která je v dnešní době velmi populární. Jedná se o nanášení velmi tenkých vrstviček, které pozměňují fyzikální a chemické vlastnosti použitého materiálu. Metodou sol-gel jsem zkoušela nanést vrstvičky na laboratorní sklíčka a skleněné perličky. Připravila jsem si několik typů solů pro přípravu různě barevných vrstev [18].

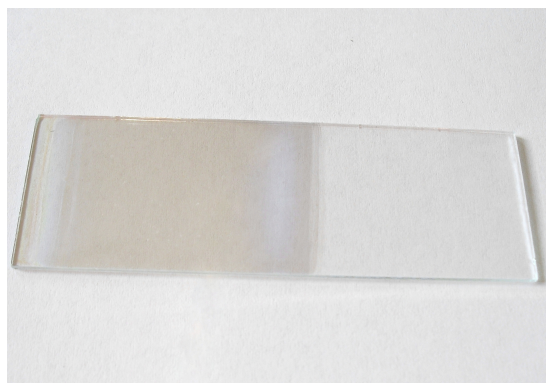
Základní sol pro mé laboratorní zkoušky se nazývá Ti51 (Obr. 35, 36) a zvyšuje index lomu skla a tím i jeho lesk. Pro přípravu solu jsem si odměřila 43 ml isopropylalkoholu (IPA) a přibližně na polovinu rozdělila do dvou kádinek, jedné skleněné (A) a jedné plastové (B). Do skleněné kádinky jsem vložila magnetické míchadlo, odpipetovala 0,7 ml koncentrované kyseliny chlorovodíkové a 0,3 ml destilované vody. Roztok jsem nechala míchat na elektromagnetické míchačce. Mezitím jsem do plastové kádinky s IPA vložila magnetické míchadlo a za stálého míchání na elektromagnetické míchačce přidala 6 ml isopropyltitanátu (IPTI) z injekční stříkačky. K tomuto roztoku jsem za stálého míchání pomalým a stálým proudem do víru míchání

přilévala obsah skleněné kádinky. Vzniká opaleskující koloidní roztok – sol. Pokud by v tomto okamžiku vznikla sraženina, je nutno sol vylít. Plastovou kádinku se solem jsem zakryla skleněným sklíčkem a nechala 15 minut míchat.

Po dokončení míchání jsem očištěné laboratorní sklíčko v IPA nechala smáčet v solu 30 sekund a stejný čas schnout na vzduchu. Totožný postup namáčení jsem použila i u skleněných krystalových perliček navlečených na niti (Obr. 35, 36).



*Obr. 35: Vzorek Ti51 na perličkách*

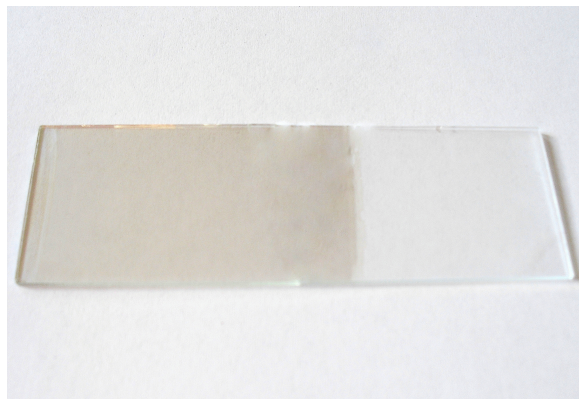


*Obr. 36: Vzorek Ti51 na laboratorním sklíčku*

V následujícím pokusu jsem připravila sol s označením Ti53 (Obr. 37, 38), který oproti solu Ti51 obsahuje přídavek trihydrátu dusičnanu měďnatého. Do skleněné kádinky (A) k IPA jsem přisypala 0,55 g trihydrátu dusičnanu měďnatého a nechala rozpustit. Do stejné kádinky jsem odpipetovala 0,4 ml koncentrované kyseliny dusičné a 0,45 ml destilované vody.



*Obr. 38: Vzorek Ti53 na perličkách*



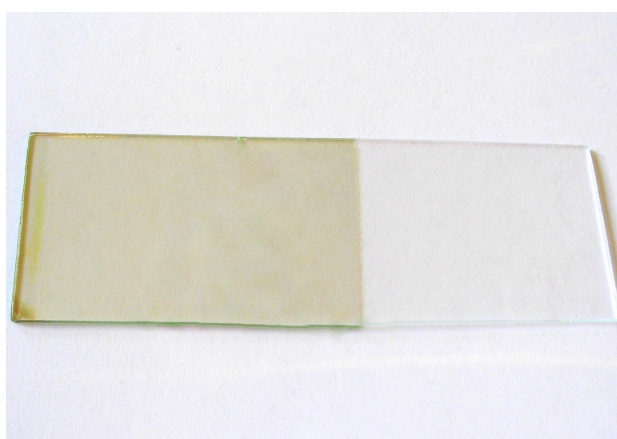
*Obr. 37: Vzorek Ti53 na laboratorním sklíčku*

Podobným způsobem jsem vyzkoušela poslední sol s označením Ti54 (Obr. 39, 40), který se připravuje s přidavkem 0,95 g hexahydrátu chloridu kobaltnatého k Ti51. Ten jsem nechala za stálého míchání rozpustit ve skleněné kádince (A) s isopropylalkoholem. Po rozpuštění jsem do stejné kádinky odpipetovala 0,5 ml koncentrované kyseliny chlorovodíkové.

Dále jsem postupovala totožným způsobem jako u přípravy solu Ti51. Všechny vzorky, laboratorní sklíčka a skleněné krystalové perličky, jsem vypálila v peci na 500 °C po dobu 60 minut.



*Obr. 39: Vzorek Ti54 na perličkách*



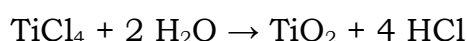
*Obr. 40: Vzorek Ti54 na laboratorním sklíčku*

Pomocí metody sol-gel jsem zkusila připravit i antibakteriální perličky. Skleněné perličky jsem navlékla na niť, očistila v IPA a nechala smáčet ve speciálním solu 30 sekund. Po namáčení jsem perličky nechala oschnout na vzduchu a usušit v sušárne při 200 °C. Na perličkách byla viditelná slabá antibakteriální vrstva, ale kvůli malé ploše perliček se nepodařilo dokázat její přítomnost.

## 4.5 Irizování

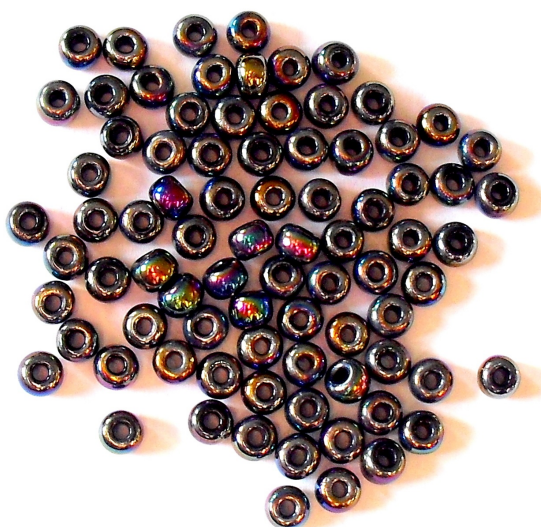
Posledním pokusem v chemické laboratoři jsem si vyzkoušela irizování. Celý proces irizace pro bižuterii spočívá v usazování par chloridu cínatého nebo titaničitého na horkém skle. Podle teploty a doby expozice skleněných perliček v parách chloridu vznikají různá zbarvení. Určité zbarvení povrchu skla je tedy podmíněno určitou teplotou, dobou expozice, ale také koncentrací par sloučeniny a složením skla. Takové homogenní podmínky jsem v laboratoři nebyla schopná zajistit, abych dosáhla stejných výsledků jako v průmyslové výrobě.

Černé perličky jsem navlékla na drát a zahřívala nad kahanem až perličky začaly červenat. V digestoři pod odtahem jsem měla umístěnou zavřenou láhev s chloridem titaničitým, který s vzdušnou vlhkostí silně hydrolyzuje. Hydrolyza se projevuje silným dýmáním nebezpečných par sloučeniny. Vzniká oxid titaničitý a kyselina chlorovodíková dle následující rovnice.



Pokud bychom se těchto par nadýchali, v dýchacím ústrojí by se nám tvořila kyselina chlorovodíková, která způsobuje dušnost, nevolnost, kašel, edém plic. Dalším produktem je oxid titaničitý, též nazývaný titanová běloba. Je to krystalický bílý prášek, který se používá také jako barvivo v potravinářském průmyslu. Jeho přítomnost dokazuje jemný bílý prášek kolem pracovního místa. Jakmile totiž chlorid titaničitý zreagoval s vzdušnou vlhkostí, kolem lahve vypadával bílý prášek na pracovní desku [37].

Po dostatečném zahřátí perliček jsem drát umístila nad hrdlo lahve s dýmajícím chloridem titaničitým a snažila se pravidelně otáčet s drátkem. Po 15 sekundách v parách chloridu titaničitého jsem perličky na drátu přemístila na hodinové sklíčko a nechala vychladnout. Tento pokus jsem několikrát opakovala pro dostatečné množství nairizovaných perliček. Perličky jsem roztrídila dle vzniklých barev. Stejný pokus jsem provedla i s krystalovými perličkami, na kterých se iriz projevil lehkým měňavým zbarvením.



*Obr. 41: Vzorek irizu na černých perličkách*

## 5. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ EXPERIMENTŮ

V této kapitole bych ráda zhodnotila a porovнала mé výsledky pokusů s profesionálně vyrobenými produkty ve firmě Preciosa Ornela a.s. v Zásadě.

### 5.1 Stříbření

V prvním experimentu jsem se zabývala stříbřením krystalových perliček. Jelikož neznám přesné koncentrace chemikálií používané pro stříbření perliček v průmyslové výrobě, mohu výrobky hodnotit pouhým zrakem. Nejlepší kvality jsem dosáhla při nejvyšší koncentraci  $c_3=0,1298 \text{ mol/l}$  (Obr. 42). S průmyslovými perličkami nelze srovnávat kvalitu, protože jsem na postříbřené perličky nenanášela ochranný lak, který by zabránil oxidaci stříbra.

Stříbrná vrstva byla dostatečně silná, ale zřejmě z důvodu použití většího množství hydroxidu amonného, než bylo nutné, se vrstva lehce odírá. Použitá koncentrace hydroxidu amonného byla zřejmě nižší, než se používá v bižuterním průmyslu.



Obr. 42: Vzorek postříbřených perliček, koncentrace  $c_3$

## 5.2 Listrování

V druhém pokusu jsem se snažila napodobit listrované perličky (Obr. 43). Použila jsem bílý listr na černé perličky, který jsem namazala a nechala vypálit dvakrát. Kvalita i vzhled perliček velmi odpovídá průmyslové výrobě. Průmyslově olistrované perličky jsou ale na první pohled stejnoměrně pokryté a lesklé. Pokud bych neměla možnost si perličky nechat vypálit ve firmě Preciosa Ornela a.s., nikdy bych takového výsledku nedosáhla. Pro zajímavost jsem vyzkoušela namazat bílý listr i na perličky farfalle, aby byl efekt viditelnější (Obr. 44).



*Obr. 43: Bílý listr na černých perličkách - rokajlu*



*Obr. 44: Bílý listr na černých perličkách - farfallích*



### 5.3 Lazurování

Jako třetí pokus jsem zvolila lazurování. Lazurování jsem vyzkoušela pro stříbrnou a měděnou a jejich mix. Lazurování se dnes provádí na ploché a užité sklo, a proto nemohu porovnávat. Stříbrná lazura se povedla zčásti, na sklíčku se objevila kroupenatá vrstva a perličky nebyly obarveny rovnoměrně. Tento proces je velmi náročný a drahý na podmínky, protože velmi záleží na homogenitě lazurovací směsi. Absolutně homogenní směsi jsem v laboratoři nemohla dosáhnout, proto výsledky všech lazur jsou velmi nesourodé. Chtěla jsem vytvořit lazuru červenou, ale kvůli nevhodnému složení skla a dalším podmínkám červené zbarvení nevzniklo. Nejvýraznější dekor vznikl u směsi stříbrné a červené lazury (Obr. 45, 46).



Obr. 45: Vzorek mix lazur na perličkách



Obr. 46: Vzorek mix lazur na laboratorním sklíčku

## 5.4 Metoda sol-gel

Čtvrtý experimentem jsem zvolila nanášení tenkých vrstev na perličky metodou sol-gel. Připravila jsem tři soly, které jsem na perličky nanášela pomocí techniky dip-coating. Tuto metodu jsem opět nemohla porovnat s profesionální výrobou, jelikož se k solům přidávají barviva, aby byl výsledný efekt výraznější. Nanášení tenkých vrstev metodou sol-gel na perličky bylo úspěšné a vznikla různá zbarvení a odlesky. Nejvýraznější efekt vznikl na perličkách u solu Ti54, který obsahoval přídavek kobaltu (Obr. 48).



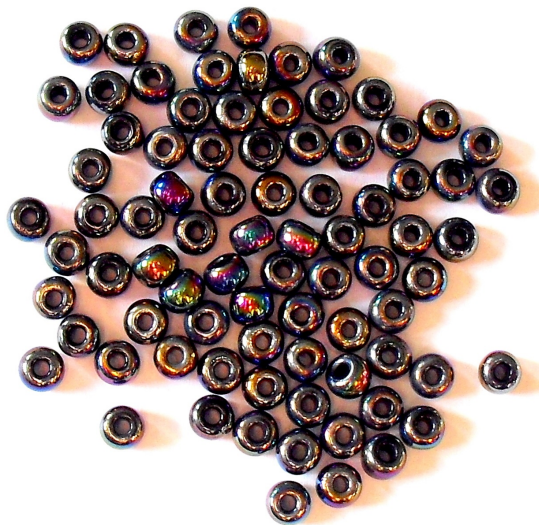
*Obr. 47: Vzorek Ti53 na perličkách*



*Obr. 48: Vzorek Ti54 na perličkách*

## 5.5 Irizování

Posledním experimentem jsem zvolila irizování, kdy jsem nahřáté perličky vkládala do par chloridu titaničitého. Výsledný efekt byl velmi zajímavý, ale v porovnání s profesionálními produkty nedostačující. V laboratoři jsem nebyla schopná zajistit takový irizující aparát, abych znala přesnou koncentraci par chloridu titaničitého a dobu expozice perliček v parách. Při experimentu irizování opět velmi záleží na homogenních podmínkách pro všechny perličky. V průmyslové výrobě existuje irizující aparát, který všechny tyto podmínky splňuje, a proto vznikají jednotné barvy různých stupňů irizů. V mém případě vznikalo více stupňů irizu na jedné perličce.



*Obr. 49: Vzorek irizu na černých perličkách*

Tabulka 5: Tabulka porovnání experimentů s profesionální výrobou

	VÝROBCE	VZHLED	KVALITA	POZNÁMKY
<b>STŘÍBŘENÍ</b>	K. JIRÁKOVÁ	+ +	+	KVALITA – bez ochranného laku – lehce odstranitelná vrstva, jiná koncentrace stříbra
	PRECIOSA ORNELA a.s.	+ + +	+ + +	
<b>LISTROVÁNÍ</b>	K. JIRÁKOVÁ	+ +	+ +	KVALITA – nestejnóměrný dekor
	PRECIOSA ORNELA a.s.	+ + +	+ + +	
<b>IRIZOVÁNÍ</b>	K. JIRÁKOVÁ	+ +	+	KVALITA – nestejnóměrný dekor
	PRECIOSA ORNELA a.s.	+ + +	+ + +	

## 6. ZÁVĚR

Hlavním cílem této BP bylo dokázat, že se skleněné perličky dají zušlechtit v chemické laboratoři v alespoň podobné kvalitě jako v profesionální výrobě.

V teoretické části jsem stručně popsala a vysvětlila výrobu skla, jeho složky a následně vyrobené skleněné výrobky, které zahrnují skleněné tyče, perličky a kameny. Hlavní část bakalářské práce jsem věnovala zušlechťování skla, které se dělí na mechanické, tepelné a chemické. Ve své BP jsem se zaměřila na chemické zušlechťování skleněných výrobků používaných v bižuterním průmyslu.

Pro experimentální část jsem si vybrala pět chemických zušlechtění skla, která se převážně používají v dnešním bižuterním průmyslu. Výsledky experimentů jsem porovnála s profesionálními výrobky od firmy Preciosa Ornela a.s.

V závěru konstatuji, že kvalita a vzhled upravených bižuterních výrobků v běžné chemické laboratoři není totožná s produkty průmyslové výroby, které používají speciální zařízení a velké množství zpracovávaných výrobků.

Bakalářská práce splnila všechny body zadání.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] NOVÝ, P. Jablonecká bižuterie. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008. ISBN 978-80-347-2250-4.
- [2] HOTAŘ, V. Úvod do výroby komponent skleněné bižuterie. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2009.
- [3] GELLNAR, M. Historie výroby českého skla a jeho replik, 1. část, Začátek dlouhé cesty. Glassrevue: Sklo, doba, lidé. 8/2006. Dostupné online z:  
<http://www.glassrevue.cz/news.asp@nid=4832.html>
- [4] NOVÝ, P. Šperk pro každého I., Jablonecká bižuterie od počátků do poloviny 19. století. Glassrevue: Sklo, doba, lidé. 18/2003. Dostupné online z:  
<http://www.glassrevue.cz/news.asp@nid=2045.html>
- [5] GELLNAR, M. Historie výroby českého skla a jeho replik, 2. část, Tvůrci a návraty. Glassrevue: Sklo, doba, lidé. 9/2006. Dostupné online z: <http://www.glassrevue.cz/news.asp@nid=4862.html>
- [6] NOVÝ, P. Brány do ráje skleněné bižuterie. O počátcích výroby skleněné bižuterie v kraji kolem Jizery. Glassrevue: Sklo, doba, lidé. 18/2006. Dostupné online z:  
<http://www.glassrevue.cz/news.asp@nid=5129.html>

- [7] NOVÝ, P. Sklářští králové Jizerských hor, Firma Josef Riedel Polubný /1849 - 1905/. Glassrevue: Sklo, doba, lidé. 12/2002.  
Dostupné online z:  
<http://www.glassrevue.com/news.asp@nid=818.html>
- [8] NOVÝ, P. Sklářští králové Jizerských hor - Firma Josef Riedel Polubný /1905 - 1930/. Glassrevue: Sklo, doba, lidé. 13/2002.  
Dostupné online z:  
<http://www.glassrevue.cz/news.asp@nid=850.html>
- [9] NOVÝ, P. Šperk pro každého II., Jablonecká bižuterie od 2. poloviny 19. století do konce I. světové války. Glassrevue: Sklo, doba, lidé. 19/2003. Dostupné online z:  
<http://www.glassrevue.com/news.asp@nid=2066.html>
- [10] Firemní internetové stránky Preciosa a.s.  
Dostupné online z: [www.preciosa.com](http://www.preciosa.com)
- [11] Firemní internetové stránky Preciosa Ornela a.s.  
Dostupné online z: [www.preciosa-ornela.com](http://www.preciosa-ornela.com)
- [12] LINKA, M. a dědicové. Život se sklem. Ze vzpomínek sklářského podnikatele z Loužnice. Nakladatelství Bor, 2009.  
ISBN 978-80-86807-58-4.
- [13] KOUCKÝ, J. a kol. Bižuterie, základní učebnice zbožíznalství. Jablonec nad Nisou. Svaz výrobců bižuterie, 2005.
- [14] Kolektiv PZO JABLONEX. Zbožíznalství jablonecké zboží. Jablonec nad Nisou. Jablonex, 1981.

- [15] KIRSCH, R. a kol. Historie sklářské výroby v českých zemích, II.díl/2. Praha: Academia, 2005.
- [16] BACHTÍK, S., POSPÍCHAL, V. Zušlechťování skla. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1964.
- [17] CABEJŠEK, M. Zušlechťování skla. Nakladatelství L+P Publishing, 2004. ISBN 80-239-4265-4.
- [18] STRNAD, P., MEDEK, J. Výroba skleněné bižuterie a ozdobných předmětů. Praha: SPN, 1985.
- [19] PUCHE-ROIG, A. et al. Float glass colouring by ion exchange, Journal of Cultural Heritage, 9, Supplement, 2008, p. e129-e133. ISSN 1296-2074.
- [20] BERGER, A. Concentration and size depth profile of colloidal silver particles in glass surfaces produced by sodium-silver ion- exchange, Journal of Non-Crystalline Solids, 151, Issues 1-2, 1/1992, p. 88-94. ISSN 0022-3093.
- [21] SHENG, J. et al. The development of silver nanoclusters in ion- exchanged soda-lime silicate glasses, International Journal of Hydrogen Energy, 32, Issue 13, 2007, p. 2598-2601. ISSN 0360- 3199.
- [22] SHENG, J. Growth of silver nanoclusters embedded in soda- lime silicate glasses, International Journal of Hydrogen Energy, 34, Issue 5, 2009, p. 2471-2474. ISSN 0360-3199.



- [23] GIL, C., VILLEGAS, M.A., Ruby coloured lead glasses by generation of silver nanoparticles, *Materials Chemistry and Physics*, 88, Issue 1, 15/2004, p. 185-191. ISSN 0254-0584.
- [24] FRISCHAT, G.H, Coloring of glass surfaces by ion exchange, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 19, 1975, p. 367-368. ISSN 0022-3093.
- [25] SAKKA, S., KAMIYA, K., KATO, K. Incorporation of copper into glass by the Cu-Na ion exchange, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 52, Issues 1-3, 1/1982, p. 77-90. ISSN 0022-3093.
- [26] BOGOMOLOVA, L.D., et al. Some features of the incorporation of copper into alkali-aluminosilicate glasses by alkali-copper ion exchange, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 72, Issue 1, 1985, p. 109-116. ISSN 0022-3093.
- [27] TIKKANEN, J. Coating glass by flame spraying, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 178, 3/1994, p. 220-226. ISSN 0022-3093.
- [28] MANIKANDAN, D., MOHAN S., NAIR, K.G.M. Photoluminescence of embedded copper nanoclusters in soda-lime glass, *Materials Letters*, 57, Issue 8, 2003, p. 1391-1394. ISSN 0167-577X.
- [29] SHENG, J., et al. UV-light irradiation induced copper nanoclusters in a silicate glass, *International Journal of Hydrogen Energy*, 34, Issue 2, 2009, p. 1119-1122. ISSN 0360-3199.

- [30] ZHANG, J., SHENG, J. Formation and optical properties of copper nanoclusters in a silicate glass, *International Journal of Hydrogen Energy*, 34, Issue 8, 2009, p. 3531-3534. ISSN 0360-3199.
- [31] EXNAR, P. *Metoda sol-gel*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2006.
- [32] JESENÁK, K. *Sól-gélové metody*. Univerzita Komenského Bratislava, 2005. ISBN 80-223-2071-4.
- [33] EXNAR, P. *Metoda sol-gel a její použití v praxi*. *Glassrevue: Technika, technologie*. 30/2002.
- [34] GIL, C., VILLEGAS, M.A., NAVARRO, J.M.F. Superficial colouring of lead crystal glass by sol-gel coatings, *Journal of the European Ceramic Society*, 25, Issue 5, 2005, p. 711-718. ISSN 0955-2219.
- [35] NOVOTNÝ, M., MATOUŠEK, J. Sol-gel povrchové vrstvy a skla s obsahem stříbra. *Sklář a keramik*: 55/2005, č. 3, s. 45-49.
- [36] REMY, H. *Anorganická chemie II.*, SNTL, Praha 1971, s. 402.  
Dostupné online z:  
<http://www.eurochem.cz/polavolt/anorg/systemat/ag/remy.htm>
- [37] *Bezpečnostní list*. Dostupný online z:  
<http://www.vitrum.cz/stazeni/Chemie/Chlorid%20titanicity.pdf>

## SEZNAM ZDROJŮ OBRÁZKŮ

- Obr. 1: Drahomíra Krupková – Yani
- Obr. 2: Internetové stránky městyse Zásada. Dostupný online z: <http://www.zasada.cz/informace-o-obci/historie/>
- Obr. 3: Firemní internetové stránky Preciosa Figurky, s.r.o.  
Dostupný online z:  
<http://www.preciosa.com/cs/darky-a-bizuterie/>
- Obr. 4–8 : Firemní internetové stránky Preciosa Ornela a.s.  
Dostupné online z: <http://www.preciosa-ornela.com/>
- Obr. 9: Firemní internetové stránky Dona glass.  
Dostupný online z: <http://www.dona-glass.cz/cs/>
- Obr. 10–15: Firemní internetové stránky Preciosa Ornela a.s.  
Dostupné online z: <http://www.preciosa-ornela.com/>
- Obr. 16: Firemní internetové stránky Preciosa a.s.  
Dostupný online z: <http://www.preciosa.com/>
- Obr. 17, 18: Firemní internetové stránky Preciosa Ornela a.s.  
Dostupné online z: <http://www.preciosa-ornela.com/>
- Obr. 19, 20: Firemní internetové stránky Egermann, s.r.o.  
Dostupné online z: <http://www.egermann.cz/>
- Obr. 21: Firemní internetové stránky Preciosa Ornela a.s.  
Dostupný online z: <http://www.preciosa-ornela.com/>